

Utilização de imagens de satélite para a otimização produtiva do olival superintensivo (cv. Arbosana)

João Maria Marques Adegas da Costa Falcão

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em

Engenharia Agronómica

Orientadores: Doutora Cristina Maria Moniz Simões Oliveira

Doutor José Rafael Marques da Silva

Júri:

Presidente: Doutor Joaquim Miguel Rangel da Cunha Costa, Professor auxiliar do Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa

Vogais: Doutora Cristina Maria Moniz Simões Oliveira, Professora Associada com Agregação do Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa

Doutor António Manuel Cordeiro, Investigador auxiliar do Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária

Agradecimentos

Aos professores orientadores Cristina Oliveira e José Rafael Silva pela proposta do tema, ajuda e paciência ao longo de todo o trabalho.

À sociedade agrícola da Herdade Torre das Figueiras, em especial ao meu Pai Sr. engenheiro José M^a Falcão e ao engenheiro José Manuel Reis por todos os dados que me facultaram, pelos conselhos e ajudas práticas que me prestaram e por me terem disponibilizado a parcela onde foi realizado este estudo.

À equipa da APAP, que me ajudou a realizar as análises de solo e folhas.

À empresa AgrolInsider, em especial ao Francisco, pela ajuda e disponibilização de todas as imagens de satélite necessárias e fundamentais para este estudo.

A todas as pessoas que me ajudaram ao longo deste estudo em trabalhos de campo, nas medições, bem como na colheita.

À minha família, meus pais, irmã e Pilar, por me apoiarem, estarem sempre ao meu lado e proporcionarem a minha formação superior.

Resumo

A agricultura de precisão é cada vez mais uma forma de gestão utilizada para melhorar a produtividade, rentabilidade e sustentabilidade da agricultura. A detecção remota e os índices vegetativos que dela provêm constituem uma ferramenta importantíssima para adotar estratégias que melhorem a produtividade do olival superintensivo e se usar os recursos disponíveis de forma mais eficiente possível. Neste trabalho avaliou-se a utilização dos índices vegetativos NDVI e NDWI, num olival superintensivo da variedade Arbosana, para explicar a variabilidade espacial ao nível do volume das árvores, do vingamento (percentagem de inflorescências com pelo menos 1 fruto vingado e número médio de frutos/inflorescência), da produtividade e rendimento em azeite.

Partindo da leitura das imagens de satélite NDVI e NDWI a 3 zonas de gestão (verde, amarelo e vermelho), foram seleccionados 9 pontos de amostragem, onde foram realizados diversos estudos incluindo recolhas de material vegetal e de solo. Este modelo revelou que os índices vegetativos explicam a variabilidade existente no volume das árvores, onde as zonas com maior índice NDVI traduzem árvores com maior volume e as zonas com menor índice refletem árvores com menores volumes.

Nos restantes estudos, concluiu-se que este modelo a 3 zonas de gestão não explicou a possível variabilidade existente na parcela, e por isso, testou-se um modelo a 2 zonas de gestão partindo do volume das árvores (volume $> 6,2 \text{ m}^3$ e volume $< 6,2 \text{ m}^3$). Este modelo refletiu que as zonas com árvores de maiores volumes e com maiores índices de NDVI têm maiores vingamentos, maior percentagem de inflorescências com pelo menos 1 fruto vingado e maior número médio de frutos/inflorescência. Demonstrou também a magnitude da variabilidade espacial da produtividade e rendimento em azeite existente na parcela, onde as árvores com maior volume apresentaram maior produção e menor rendimento em azeite.

Palavras-chave: Agricultura de Precisão; Índices de vegetação; NDVI; Olivicultura; Produtividade;

Abstract

Precision agriculture is increasingly a form of management used to improve crop productivity and economic income from agriculture. The remote detection and vegetative indexes are a very important tool to adopt strategies that improve olive orchard productivity and the use of available resources as efficiently as possible. In this work, the use of the vegetative indexes NDVI and NDWI, in a super high density olive of Arbosana cultivar, and how they can explain spatial variability at the level of tree volume, fruit set (percentage of inflorescences with at least 1 fruit set and average number of fruits/inflorescence), productivity and yield in olive oil.

Three management zones (green, yellow and red), based on NDVI and NDWI satellite images were established and 9 sampling points were selected, where several studies were conducted including sampling of plant and soil material. This model revealed that vegetative indexes explain the variability in tree volume, where areas with the highest NDVI index correspond to trees with higher volume and the areas with lower index reflect trees with lower volumes.

It was concluded that this model with 3 management zones did not explain the possible variability existing in the plot, and therefore a model with 2 management zones was tested, based on the volume of trees (volume > 6.2 m³ and volume < 6.2 m³). This model reflected that the areas with trees of higher volumes and with higher rates of NDVI have higher fruit set, higher percentage of inflorescences with at least 1 fruit harvested and higher average number of fruits/inflorescence. It also demonstrated the magnitude of spatial variability of productivity and yield in olive oil in the plot, where the trees with higher volume had higher production and lower yield in olive oil.

Key words: NDVI; Olive growing; Precision Agriculture; Productivity; Vegetation indexes

Índice

Agradecimentos	ii
Resumo	iii
Abstract	iv
Índice de figuras	vii
Índice de quadros	ix
1. Introdução	1
2. Revisão bibliográfica	3
2.1. A cultura da oliveira	3
2.2. O olival no mundo e em Portugal	3
2.3. Fatores e técnicas que afetam a produção e a qualidade da Oliveira	6
2.3.1 Necessidades edafo-climáticas da Oliveira	6
2.3.1.1. Clima	6
2.3.1.2. Solo	7
2.3.2. Técnicas de Produção	7
2.3.2.1. Sistemas de condução da oliveira.....	7
2.3.2.2. Tipos de poda em olivicultura	10
2.3.2.3. Produção integrada no olival.....	11
2.3.3. Nutrição e fertilização do olival superintensivo	12
2.3.3.1. Determinação das necessidades nutritivas do olival	12
2.3.3.2. Principais desequilíbrios nutricionais no Olival	13
2.3.4. Rega do olival superintensivo	14
2.3.4.1. Sistemas de rega.....	15
2.3.4.2. Rega deficitária (RD)	16
2.3.4.3. Sondas de humidade de solo.....	17
2.3.5. Proteção integrada	17
2.4 Agricultura de Precisão.....	18
2.4.1. Conceito e objetivos	18
2.4.2. Tecnologias	18
2.4.2.1. Sistemas de posicionamento global (GNSS).....	19
2.4.2.2. Sistemas de informação geográfica (SIG).....	19
2.4.3. Detecção remota (DR)	20
2.4.3.1. Conceitos e funcionamento	20
2.4.3.2. Aplicações e características dos satélites e respetivos sensores óticos	22
2.4.3.3. As aplicações na Agricultura – IAF, NDVI e NDWI.....	26
3. Materiais e Métodos	29

3.1. Descrição da Parcela e cultivar	29
3.2. Itinerário cultural	30
3.3. Delimitação de zonas de gestão e de zonas de amostragem	31
3.4. Características do solo do olival em estudo	33
3.4.1. Método de recolha de amostras de solo e análises de solo	35
3.5. Características climáticas.....	36
3.5.1. Características climáticas da região.....	36
3.5.2. Dados climáticos verificados no decorrer do estudo	37
3.6. Método de recolha de amostras de folhas e análises foliares.....	38
3.7. Biometria das árvores – Altura, Largura, Comprimento e Diâmetro	39
3.8. Acompanhamento dos estados fenológicos.....	40
3.8.1. Metodologia na determinação das necessidades térmicas e duração térmica da fase de floração.....	42
3.9. Contagem das inflorescências e do vingamento	43
3.10. Gestão de rega: Sonda de humidade de solo	43
3.11. Produção e rendimento em azeite.....	44
3.12. Tratamento estatístico dos dados	45
4 Resultados e Discussão	46
4.1. Características físicas, químicas e nutritivas do olival	46
4.1.1. Resultados descritivos das análises de solo	46
4.1.1.1 Diferenças entre a linha e entrelinha	46
4.1.2.2. Diferenças na linha	48
4.1.3. Resultados das análises foliares	49
4.1.4. Características da árvore	51
4.2. Estados fenológicos	53
4.2.1. Determinação da duração da fase de floração	55
4.3. Vingamento.....	56
4.3.1. Análise do vingamento a 2 zonas de gestão	60
.....	63
4.4. Rega otimizada pelas sondas de humidade	65
4.5. Produção e rendimento em azeite.....	66
5. Conclusões	70
6. Referências bibliográficas	72
ANEXOS	75

Índice de figuras

Figura 1 – Evolução da área e produção de azeitona para azeite entre 2005-2017. Fonte: Global Agrimar GPP, 2018.	4
Figura 2 - Área de olival por densidade de plantação na UE, em 2017. Fonte: ec.europa.eu/Eurostat	5
Figura 3 – Área de olival por densidade de plantação em Portugal, em 2017. Fonte: ec.europa.eu/Eurostat	5
Figura 5 - Área de olival por classes de idade em Portugal, em 2017. Fonte: ec.europa.eu/Eurostat	6
Figura 4 - Área de olival por classes de idade na União Europeia, em 2017. Fonte: ec.europa.eu/Eurostat	6
Figura 6 – Olival tradicional. Fonte: www.edia.pt	8
Figura 7 – Olival intensivo	8
Figura 8 – Olival superintensivo	9
Figura 9 – Máquina de colheita de olival. Fonte: Olint.com	9
Figura 10 - Esquema representativo do funcionamento de um SIG. Fonte: Paes (2011)	19
Figura 11 – Camadas de informação de um SIG. Fonte: Grave (2013)	20
Figura 12 - Sistema de deteção remota. Fonte: (Coelho et al., 2004)	20
Figura 13 – Espectro eletromagnético. Fonte: Infoescola.com	21
Figura 14 – Refletividades típicas do solo, vegetação e água. Fonte: Coelho et al. (2004)	21
Figura 15 – (A) Exemplo de NDVI absoluto (Amarelo para valores mais baixos e Verde para valores mais altos); (B) Exemplo de NDVI relativo (Vermelho para valores mais baixos e Verde para valores mais altos). Fonte: http://www.agromap.agroinsider360.com	27
Figura 16 – (A) Exemplo de NDWI absoluto (Castanho para valores mais baixos e Amarelo para valores mais altos); (B) Exemplo de NDWI relativo (Vermelho para valores mais baixos e o Azul claro para valores mais altos). Fonte: http://www.agromap.agroinsider360.com	28
Figura 17 – Limite do olival e parcela em estudo. Fonte: http://www.agromap.agroinsider360.com	29
Figura 18 – (A) Olival de alta densidade da variedade Arbosana; (B) Azeitonas da variedade Arbosana	30
Figura 19 – (A) 9 pontos selecionados na parcela pela leitura de imagens satélite de NDVI; (B) Pontos selecionados na parcela pela leitura de imagens satélite de NDWI. Fonte: www.agromap.agroinsider360.com	32
Figura 20 – Carta de solos onde se insere a parcela em estudo. Fonte: Gentilmente cedida pela Cartografia, topografia e cadastro Ida - CTC (2019)	34
Figura 21 – Capacidade de uso dos solos da parcela em estudo. Fonte: Gentilmente cedida pela Cartografia, topografia e cadastro Ida - CTC (2019)	34
Figura 22 – Diagrama explicativo da forma como foram efetuadas a recolha de amostras de solo	35
Fig. 23 – (A) e (B) Colheita das subamostras de terra com auxílio da barrena; (C) subamostras de terra colocadas no balde; (D) subamostras de terra colocadas posteriormente no saco de plástico	35
Figura 24 - Clima de Portugal continental, segundo a classificação de Koppen	36
Figura 25 - Precipitação (em mm) mensal, desde o dia 1 janeiro até dia 31 julho de 2019 na Herdade Torre das Figueiras	37
Figura 26 – Distribuição da chuva por dia em abril, o mês mais chuvoso, na Herdade Torre das Figueiras	37
Figura 27 – Somatório de graus/dias por mês	38
Figura 28 - Médias das temperaturas mínimas, máximas e médias do Ar ao longo dos meses em estudo	38
Figura 29 – (A) Recolha de folhas inteiras no terço médio da árvore; (B) Folhas sem qualquer defeito	39
Figura 30 – Diagrama explicativo da forma como foram efetuadas a recolha de amostras de folhas	39
Figura 31 – (A) Medição da altura da árvore; (B) Medição da largura da árvore; (C) Medição do comprimento da sebe	40
Figura 32 – (A) Medição diâmetro longitudinal do tronco; (B) Medição diâmetro transversal do tronco	40
Figura 33 - Anotação das observações dos estados fenológicos nas diversas datas. Fonte: Barranco et al. (1994)	41
Figura 34 – (A) Estado fenológico BBCH 33; (B) Estado fenológico BBCH 65	42

Figura 35 – Marcação de 20 inflorescências num ramo.	43
Figura 36 – Sonda de humidade de solo da empresa Hidrosoph44	44
Figura 37 – Colheita da azeitona.....44	44
Figura 38 – (A) Preparação das amostras para análise do rendimento em azeite; (B) Análise das características do azeite através da máquina Oliva45	45
Figura 39 - Volume médio em cada um dos pontos relacionados com o índice NDVI em 9/06/2019. Fonte: www.agromap.agroinsider360.com52	52
Figura 40 – Nº de horas mensal com temperatura <9.1°C53	53
Figura 41 – (A) Estado de desenvolvimento da árvore no dia 27 março, do lado SW da árvore; (B) Estado de desenvolvimento da árvore no dia 27 março, do lado NE da árvore53	53
Figura 42 - Vingamento médio e NDVI em cada um dos 9 pontos, no dia 9 de junho 2019. Fonte: www.agromap.agroinsider360.com58	58
Figura 43 - Volume médio das árvores segundo 2 zonas de gestão de vigor. Fonte: www.agromap.agroinsider360.com60	60
Figura 44 - Vingamento médio e NDVI traduzido em vigor em cada um dos 8 pontos de amostragem, no dia 9 de junho 2019. Fonte: www.agromap.agroinsider360.com63	63
Figura 45 - Avaliação da humidade do solo entre 10 junho e 30 de setembro e planos de gestão da rega66	66

Índice de quadros

Quadro 1 – Efeito do déficit hídrico nas diferentes fases do ciclo de crescimento. Fonte: Rius et. al (2015).....	15
Quadro 2 – Características gerais do sistema de rega gota-a-gota.....	16
Quadro 3 – Caracterização das estratégias de rega deficitária.....	16
Quadro 4 – Características da Banda OLI.....	23
Quadro 5 – Características da Banda TIR.....	23
Quadro 6 – Tratamentos fitossanitários efetuados durante o ciclo vegetativo.....	31
Quadro 7 – Adubações efetuadas durante o ciclo vegetativo.....	31
Quadro 8 – Técnicas culturais efetuadas durante o ciclo vegetativo.....	31
Quadro 9 – Legenda e correspondência dos pontos de amostragem a 3 zonas de gestão, segundo o NDVI.....	32
Quadro 10 – Legenda e correspondência dos pontos de amostragem a 2 zonas de gestão, segundo o volume das árvores.....	33
Quadro 11 – Médias das temperaturas mínimas, máximas e médias do ar ao longo dos meses em estudo.....	38
Quadro 12 – Principais estados fenológicos segundo a escala BBCH da oliveira.....	41
Quadro 13 – Determinação da data de início e fim de floração e das datas de início e fim da plena floração, proposto por Barranco et al. (1994).....	42
Quadro 14 – Determinação da média da data de plena floração, duração da plena floração e duração da fase de floração, proposto por Barranco et al. (1994).....	43
Quadro 15 – Teores de macronutrientes na linha e entrelinha.....	46
Quadro 16 – Teores de micronutrientes na linha e entrelinha.....	47
Quadro 17 – Teores e características físicas e químicas do solo.....	47
Quadro 18 – Teores de macronutrientes na linha.....	48
Quadro 19 – Características físicas e químicas do solo.....	49
Quadro 20 – Teores foliares dos macronutrientes no início do estado vegetativo, médias de 3 zonas de NDVI.....	50
Quadro 21 – Teores foliares dos micronutrientes no início do estado vegetativo, médias de 3 zonas de NDVI.....	50

Quadro 22 – Características do olival no dia 19/02/2019, médias de cada 15 árv das 3 zonas de NDVI.....	51
Quadro 23 – Temperaturas médias (°C) e precipitações (mm) mensais no local do estudo.....	54
Quadro 24 – Duração das diferentes fases vegetativas da parcela.....	55
Quadro 25 – Início e duração da fase da floração de algumas variedades segundo Cordeiro (comunicação pessoal, 2019).....	56
Quadro 26 – Período de floração segundo o método do triângulo proposto por Barroco et al. (1994)....	56
Quadro 27 – Número de frutos vingados por zona, orientação e no total.....	57
Quadro 28 – Média dos frutos vingados em 20 inflorescências por cada zona NDVI.....	58
Quadro 29 – Percentagem inflorescências com pelo menos 1 fruto vingado nas contagens iniciais/finais.....	59
Quadro 30 – Número médio de frutos por inflorescência das contagens iniciais e finais.....	59
Quadro 31 – Número de frutos médio por inflorescência em diferentes variedades (Cordeiro, comunicação pessoal, 2019).....	60
Quadro 32 – Resumo das contagens dos vingamentos por zona de gestão.....	61
Quadro 33 – Vingamentos totais iniciais e finais nas diferentes zonas de gestão.....	62
Quadro 34 – Média dos frutos vingados, por 20 inflorescências por cada zona de gestão.....	63
Quadro 35 - % de inflorescências com pelo menos 1 fruto vingado nas contagens iniciais e finais.....	64
Quadro 36 – Análise estatística do nº médio de frutos/inflorescência das contagens iniciais/finais.....	64
Quadro 37 – Nº de regas e quantidade aplicada, em cada mês.....	65
Quadro 38 – Análise estatística da produção total, peso por azeitona, rendimento em azeite, teor de gordura e gordura em matéria seca do azeite das 20 árvores de cada zona de gestão.....	67
Quadro 39 - Quantidade de azeite (Kg) prouzado.....	67
Quadro 40 – Total de custos da parcela (€/ha).....	68
Quadro 41 – Receitas da parcela em estudo.....	68
Quadro 42 – Lucro da parcela em estudo.....	68
Quadro 43 – Cálculo do rendimento bruto de azeite por hectare e zona de gestão.....	70

1. Introdução

Vivo no Alentejo (Monforte), cresci no mundo rural e aprendi a gostar dos seus costumes, para além de que, a minha família possui uma empresa agrícola familiar na região, na qual, através do meu Pai e Avô comecei a ter as primeiras ligações à agricultura.

Quando nasci esta empresa vivia das culturas de sequeiro (cereais e olival) e da pecuária extensiva e ao longo dos meus 25 anos assisti a uma evolução muito grande dentro desta exploração. Passou a existir o regadio, houve uma intensificação das culturas, deu-se o aparecimento de novas culturas e variedades e as produtividades aumentaram aliadas à tecnologia emergente e ao melhor conhecimento das culturas.

Mas nestes anos todos o olival resistiu nesta exploração e é nos dias de hoje a maior fonte de rendimento desta exploração familiar.

Ter assistido nesta exploração e a nível mundial à intensificação da cultura da oliveira e à evolução das tecnologias usadas na cultura, com a mudança dos olivais tracionais para os intensivos e agora os superintensivos despertou em mim sempre um grande interesse pela oliveira e desde o primeiro minuto que comecei a pensar na minha dissertação de mestrado a única coisa que tinha a certeza era a cultura que mais queria trabalhar, o olival. Depois de escolhida a cultura o meu interesse foi ir ao encontro das potencialidades tecnológicas existentes que podemos usufruir e delas tirar partido para melhorar os seus aspetos sociais, económicos e ambientais.

Nos últimos cinquenta anos, a evolução da sociedade no que respeita à tecnologia, à consciência ecológica e ao aproveitamento de fatores de produção tem sido crescente. Também o setor agrícola tem acompanhado esta evolução, através de novas formas de atuação, nomeadamente com a utilização de parcelas de maior área nas explorações agrícolas para que os custos unitários de produção diminuam. A agricultura começou a ser encarada de uma forma mais económica e sustentada, ao invés de uma atividade empírica e de subsistência (Grave, 2013).

Com o avanço da tecnologia a passos largos nos últimos 20 anos, começaram a surgir equipamentos para melhor compreender o que se passa com a cultura e/ou solo através da monitorização e avaliação da variabilidade temporal e espacial com o objetivo de reduzir custos de produção e aumentar a produtividade, e assim surgiu um novo sistema de cultura designado por agricultura de precisão.

A agricultura de precisão pode ser definida como a gestão da variabilidade temporal e espacial das parcelas com o objetivo de melhorar o rendimento económico da atividade agrícola, quer pelo aumento da produtividade e/ou qualidade, quer pela redução dos custos de produção, reduzindo também o seu impacto ambiental e risco associado. Deste modo, a agricultura de precisão, socorrendo-se de um determinado número de ferramentas, permite aumentar a margem bruta das parcelas agrícolas pelo aumento da eficiência da aplicação de fatores de produção, ajustando-os às necessidades da cultura em todos as zonas das parcelas. Neste intuito consegue ainda uma significativa redução do impacto ambiental da atividade agrícola (Braga, 2009).

A olivicultura está em claro crescimento em Portugal e na zona mediterrânica pelo que a procura de aplicações de agricultura de precisão que tragam maiores eficiências na produtividade do olival é um aspeto fundamental. O conhecimento da variabilidade espacial da produtividade em olivais

superintensivos ainda foi pouco estudado, sendo por isso muito importante a sua avaliação. Este será o ponto fulcral no qual incidirá este trabalho e do qual resultará a possibilidade de utilizar a deteção remota e os índices de vegetação na previsão da produtividade do olival superintensivo plantado em 2014, com 15,56 hectares, num compasso de 6 x 1,5 com 1111 árvores por hectare, no Alentejo.

Os objetivos desta dissertação são:

- Avaliar a utilização de imagens de satélite no estudo da otimização produtiva do olival superintensivo na cultivar Arbosana instalado na Herdade Torre das Figueiras, em Monforte;
- Avaliar a capacidade dos índices vegetativos NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) e NDWI (*Normalized Difference Water Index*) resultantes da utilização de deteção remota para caracterizar a variabilidade espacial;
- Avaliar a magnitude da variabilidade espacial da produtividade.

2. Revisão bibliográfica

2.1. A cultura da oliveira

A oliveira, *Olea europaea* L., pertence à família botânica Oleaceae, que contém espécies de plantas distribuídas pelas regiões tropicais e temperadas do mundo. São na maior parte árvores e arbustos, sendo a *Olea europaea* L., a única espécie com fruto comestível (Barranco, et al., 2008). Podemos encontrar oliveiras em toda a parte do mundo embora ela esteja mais concentrada entre as latitudes 30º e 45º, tanto no hemisfério norte como no sul, em regiões climáticas do tipo mediterrânico, caracterizadas por verões secos e quentes (Barranco, et al., 2008). A oliveira é por isso, uma das árvores mais características da paisagem desta região e uma das culturas com maior importância económica, ecológica e social (Torres, 2007). O seu fruto é o produto com interesse económico, tendo como principal destino a produção de azeitona de mesa e a laboração de azeite.

A oliveira possui um tamanho médio, de uns 2 a 8 m de altura e pode permanecer viva e produtiva durante centenas de anos. O tronco é grosso e a copa arredondada; a ramificação natural tende a produzir uma copa bastante densa, mas as práticas de poda servem para aclará-la e permitir a penetração da luz. As características da árvore como a densidade da copa, o porte ou a cor da madeira variam com o tipo de variedade, embora seja certo que é influenciada em grande medida pelas condições agronómicas e ambientais em que crescem e em particular, pelo tipo de poda que sofrem, neste sentido é de frisar que a oliveira demonstra uma grande plasticidade morfogenética (Barranco, et al., 2000).

É uma árvore polimórfica, com fases juvenis e adultas que são diferenciadas pela capacidade produtiva de azeitona (apenas na fase adulta), pelo seu potencial enraizamento (maior na fase juvenil) e diferenças nas folhas e ramos. A transição do estado juvenil para o adulto demora cerca de 5-8 anos nas variedades mais tardias e cerca de 3-4 anos nas variedades mais precoces.

A estrutura anatómica da folha da oliveira é muito importante pois, serve em muitos aspetos para a sua adaptação a ambientes de elevada procura atmosférica que ajuda a reduzir as perdas de água. A absorção de água e nutrientes ocorre nas zonas mais jovens das raízes pois elas têm um estatuto dinâmico e renovam-se constantemente.

O fruto da oliveira é uma drupa, a azeitona, que é um fruto pequeno de forma elipsoidal e globosa, com apenas uma semente. No fim de processado ou serve para azeitona de mesa ou azeite.

2.2. O olival no mundo e em Portugal

Segundo a casa do azeite, atualmente, cerca de 95% da superfície oleícola mundial está concentrada na bacia mediterrânica, sendo que os países produtores da união europeia (Espanha, Itália, França, Grécia, Portugal, Chipre, Croácia, Eslovénia e Malta) são responsáveis por 71% da produção a nível mundial (<http://www.casadoazeite.pt/Profissionais/Dados-sector/Produção>). O consumo de azeite na união europeia representa cerca de 55% do consumo mundial e verifica-se nos últimos 10 anos um crescimento médio, a nível mundial, da ordem dos 0,6% (<http://www.casadoazeite.pt/Profissionais/Dados-sector/Consumo>).

Em Portugal, a produção tem vindo a aumentar desde os anos 90, estimando-se agora uma produção anual de 94000 toneladas de azeite e um consumo de 70000 toneladas (Fonte: Casa do Azeite, COI, 2016/2017). O olival está distribuído pelas principais regiões olivícolas do país Trás-os-Montes, Alto Douro, Beira Interior, Ribatejo e Alentejo (70% produção nacional), e embora ainda exista uma grande área de olival envelhecido e tradicional, nos últimos anos temos assistido a um acréscimo de plantações dos novos olivais modernos, regados, perspetivando o aumento de produção e a maximização dos lucros.

Na Figura 1, podemos constatar a evolução, desde 2005, que tem havido a nível de área e de produção de azeite, em Portugal. De 2005 para 2017 a área não mudou muito, sensivelmente mais 11 000 ha em 2017. O que mudou e muito, foi a produção de azeite, pois em 2017 a produção é mais que o quádruplo de 2005, muito devido aos novos olivais intensivos de alta densidade e depois aos superintensivos, que na mesma área possuem muito maior número de árvores.

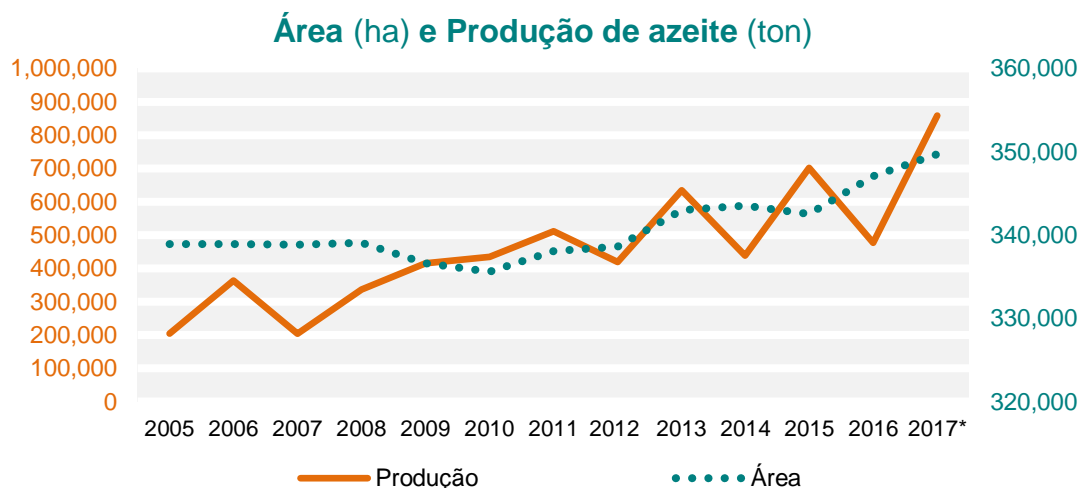


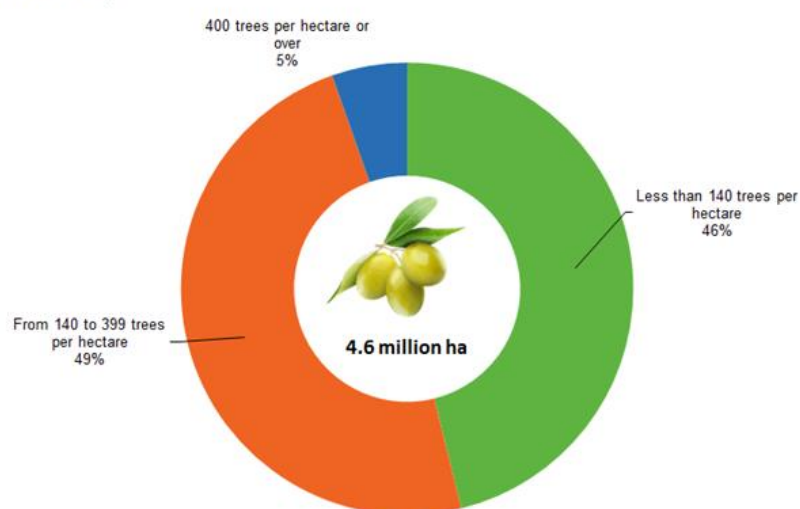
Figura 1 – Evolução da área e produção de azeitona para azeite entre 2005-2017.

Fonte: Global Agrimar GPP, 2018.

Para melhor compreender estes valores é importante analisar tanto na União Europeia (UE) como em Portugal a área de olival por densidade de plantação (Figura 2 e 3) e a área de olival por classes de idade (Figura 4 e 5).

Pela Figura 2, podemos observar que na UE, em 2017, os olivais intensivos (140-400 árvores por hectare) já são os que têm maior expressão (49%), embora exista ainda com uma grande percentagem dos olivais chamados tradicionais (46%).

Area under olive trees by density class, EU-28, 2017
(% of EU total olive area)



Source: Eurostat (online data code: orch_olives3)

eurostat

Figura 2 - Área de olival por densidade de plantação na UE, em 2017. Fonte: ec.europa.eu/Eurostat

Na Figura 3, podemos constatar que em Portugal o cenário ainda é um pouco diferente da UE, pois os olivais tradicionais (<140 árvores por ha) ainda são aqueles que têm maior expressão (47,1%), mas por outro lado os olivais mais intensivos (>400 árvores por ha) têm um valor superior à média europeia (12,6%).

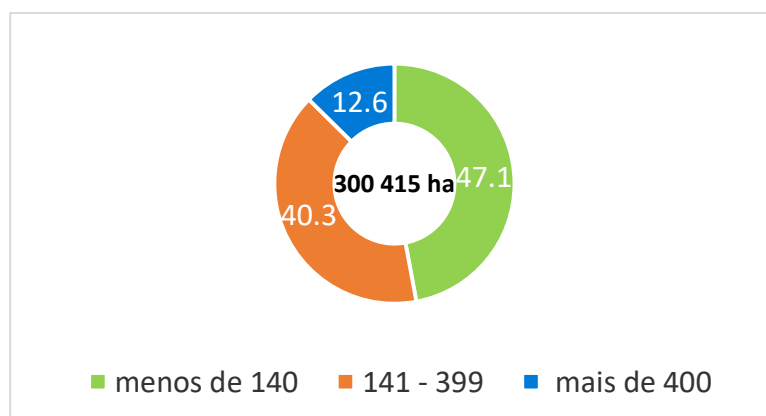
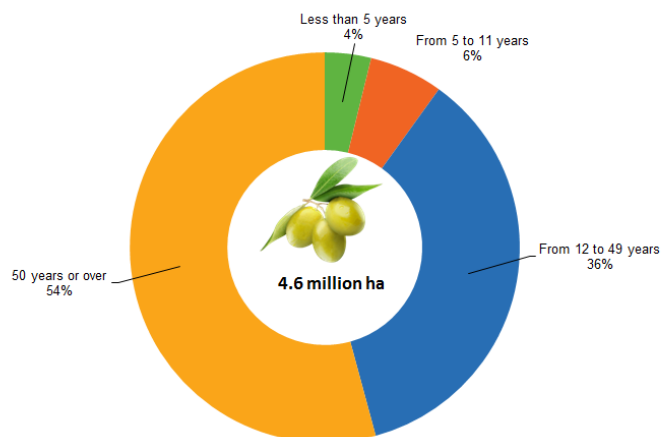


Figura 3 – Área de olival por densidade de plantação em Portugal, em 2017.
Fonte: ec.europa.eu/Eurostat

A evolução da densidade dos olivais já se começa a sentir na UE e Portugal, e a perspetiva é que os tradicionais em termos relativos passem a ter menos importância, ao invés dos intensivos e em sebe que cada vez mais estão a ser plantados. Por leitura das figuras 4 e 5 podemos concluir que não existem diferenças na área de olival por classes de idade na UE e em Portugal. Os olivais velhos, com mais de 50 anos predominam na sua maioria em comparação com os olivais novos (< 5 anos e entre 5-11 anos). Estes olivais velhos muitos deles estão abandonados e os que são produtivos cada ano

que passa estão a ser substituídos pelos olivais modernos, com maiores densidades de plantação e que trazem maior rentabilidade aos agricultores.

Area under olive trees by age class, EU-28, 2017
(% of EU total olive area)



Source: Eurostat (online data code: orch_olives3)

eurostat 

Figura 4 - Área de olival por classes de idade na União Europeia, em 2017.

Fonte: ec.europa.eu/Eurostat

Area de olival por classes de idade, Portugal 2017



Figura 5 - Área de olival por classes de idade em Portugal, em 2017.

Fonte: ec.europa.eu/Eurostat

2.3. Fatores e técnicas que afetam a produção e a qualidade da Oliveira

2.3.1 Necessidades edafo-climáticas da Oliveira

2.3.1.1. Clima

A oliveira é uma cultura do clima mediterrânico, caracterizado por um Inverno suave que coincide com a estação húmida e um verão quente, praticamente sem chuva, que é a estação seca (Brousse e Lossert, 1980). A presença da espécie é limitada por condições climáticas adequadas e a cultura da oliveira está limitada pelo clima, temperado subtropical (segundo Koppen e Geiger, 1954).

A temperatura ótima para o desenvolvimento vegetativo da oliveira está entre 10-30°C. Acima de 35°C, a oliveira fecha os estomas para regular a temperatura, que pode originar paragens no crescimento (Brousse e Lossert, 1980).

O frio é um fator promotor da indução floral, pelo que é muito importante no desenvolvimento da oliveira (Fabbri e Benelli, 2000).

A precipitação influencia a produção e por isso, pluviometrias superiores a 500 mm normalmente traduzem boas produções, embora a oliveira possa ser cultivada em regiões com baixa pluviosidade (200-250 mm).

2.3.1.2. Solo

A oliveira é considerada uma espécie rústica pois adapta-se a qualquer tipo de solo. Tem preferência por solos de textura mediana (franca, franca-limosa, franca-argila-limosa), que facultam um arejamento adequado, permitem uma média-alta capacidade de retenção de água e apresentam uma infiltrabilidade e permeabilidade apropriadas que evitam a asfixia radicular (Martins, 2014). Descrição edáfica segundo Koppen e Geiger (1954) para a oliveira:

“(…) Devido ao facto de a precipitação se concentrar no inverno, há um défice hídrico em solos fracos, na fase de evapotranspiração elevada. Assim, em zonas secas e quentes, a aptidão para a cultura da oliveira depende de solos com elevada capacidade de retenção de água. O cultivo em solos pobres só é viável em zonas de elevada precipitação natural ou de rega. (...)”. Outras características importantes são a compactação, que não deve existir, a profundidade útil de solo, que deverá ser maior que 80 cm e a pedregosidade do solo, onde os elementos grosseiros de pequenas dimensões podem ser benéficos para contribuir para a infiltração, reduzir perdas de água por evaporação e menor erosão.

2.3.2. Técnicas de Produção

2.3.2.1. Sistemas de condução da oliveira

Entendemos por sistema de condução não apenas a forma da copa dada às árvores, mas todas as componentes do sistema de cultivo que se consideram mais ou menos fixas durante a vida das mesmas, como o compasso, a orientação, a armação e manutenção do solo, o sistema de poda, a altura e forma da copa e o tipo de rega e fertilização, entre outros (Barroso, 2013). Em 1998, foi aprovado o plano para dinamização da olivicultura em Portugal, contudo, apenas em 2005 e 2006 se verificaram acréscimos significativos de área plantada (GPP, 2007). Esta medida contribuiu para a conversão do olival tradicional de sequeiro, com extensa área de plantação, em prol de olivais em sistemas intensivo e superintensivo, regados e com tecnologia modernizada na sua condução.

Olival tradicional

O olival tradicional (Figura 6) corresponde ainda a quase 50% de todo o olival mediterrânico e é um olival associado às pequenas propriedades e também consociado com outras culturas como a vinha, ou mesmo hortícolas (Barroso, 2013). Segundo Reis (2014) é nestes olivais que existem as variedades dos azeites DOP, onde estão os espécimes de variedades já muito raras, e onde a multifuncionalidade e os serviços do ecossistema assumem um papel de relevo. É considerado como

um sistema extensivo, quase exclusivamente em sequeiro e com limitações nas produções potenciais em que, segundo Böhm (2013) dificilmente ultrapassam os 500-1500 kg/ha.



Figura 6 – Olival tradicional. Fonte: www.edia.pt

Neste sistema podemos considerar que existem 2 tipos diferentes: o olival tradicional disperso, onde assistimos a situações árvores mais ou menos dispersas, com muito pouca densidade (< 70 árvores/ha) e sem preocupação na utilização exclusiva do solo; e o olival tradicional alinhado, onde existe um ordenamento das árvores em linha, com uma densidade inferior a 120 árvores/ha e havendo exclusiva utilização do solo com preocupação de realizar operações de manutenção do solo.

Neste sistema as operações culturais e utilização de fatores de produção é muito reduzida, onde a fertilização nem sempre é efetuada, a aplicação de produtos fitofarmacêuticos é muito reduzida, embora, segundo Reis (2014), a grande maioria dos tratamentos realizados são predominantemente preventivos. A única intervenção cultural efetuada com algum rigor, para além da colheita, são as podas, onde já se obedece a um plano prévio de intervenção. No que respeita à necessidade em mão-de-obra, comparativamente a outros sistemas de condução, o olival tradicional é substancialmente mais exigente. As cultivares mais comuns neste sistema são as que apresentam maior rusticidade e resistência às pragas e doenças, sendo por isso as mais tradicionais de cada região, onde em Portugal, a mais frequente é a Galega Vulgar (Böhm, 2013).

Olival intensivo

Neste sistema intensivo (Figura 7) podemos considerar que existem 2 tipos diferentes: o olival de baixa densidade (200-450 árvores/há), e o olival de alta densidade (600-800 árvores/há), sendo o principal objetivo deste sistema reduzir os custos de cultura, com uma mecanização total e através da otimização da exposição dos ramos à luz e disponibilidade de água ao longo do ciclo (Barroso, 2013).



Figura 7 – Olival intensivo

O sistema de condução da copa é diferente nos dois tipos, em que nos olivais de baixa densidade a condução é em vaso alto, e as copas não se tocam na linha enquanto, no caso dos olivais

de alta densidade, a copa pode ser conduzida em vaso alto ou eixo central, permitindo assim uma sebe continua onde as árvores se tocam na linha. O que é comum a estes dois tipos de sistemas é a introdução da rega localizada, sendo este um fator essencial da produtividade, a mecanização da colheita, a fertilização, os tratamentos fitossanitários que são mais rigorosos e cuidadosos e as podas que passam a ser anuais e na sua maioria mecanizadas.

De acordo com Böhm (2013), dependendo do nível de utilização de fatores de produção, nomeadamente, os fertilizantes e os tratamentos para controlo de pragas e doenças, a produtividade do olival em sistema intensivo, pode alcançar 7-9 ton/ha nos olivais de baixa densidade e mais que 12 ton/ha nos olivais de alta densidade.

Olival superintensivo

Os olivais superintensivos (Figura 8), vulgarmente designados em sebe, surgiram a partir dos anos 90 com a finalidade de melhorar e aumentar a qualidade e quantidade de azeites virgens extra e para otimizar a superfície cultivada. Podem apresentar densidades superiores a 1500 árvores/ha, exigem linhas de plantação e compassos exatos para um controlo exigente da vegetação, e regime de rega e fertilização sem restrições.



Figura 8 – Olival superintensivo

Segundo o Sistema Todolivo, estes olivais consistem em plantações de olival em linha, formando-os posteriormente em palmeta, para que, quando crescerem se formem fileiras contínuas de olival em sebe, que permitam ser colhidas por uma máquina colhedora (Figura 9). Sendo que o compasso de plantação varia em função da cultivar, da água disponível, do tipo de solo e do clima.



Figura 9 – Máquina de colheita de olival. Fonte: Olint.com

Segundo Böhm (2013), as vantagens destes olivais são que permitem uma entrada em produção ultraprecoce, logo ao 3º ano, e a partir do 6º ano facilmente ultrapassam as 12 toneladas/ha

com manutenção da copa reduzida e com colheita unicamente mecanizada – máquina de vindimar cavalgadora. As dificuldades inerentes a este sistema passam pela dificuldade em controlar o vigor das árvores, estando este sistema restringido à utilização de variedades de reduzido vigor, com vida útil produtiva e económica curta.

2.3.2.2. Tipos de poda em olivicultura

Entende-se por poda uma série de operações realizadas sobre as árvores onde se modifica de forma natural a sua vegetação, vigorando ou restringindo o desenvolvimento dos ramos com o fim de lhes dar forma e conseguir a máxima produtividade, e também renovar parte ou a totalidade da árvore (Cobo e Guillén, 1996). A poda é necessária se se quer manter o equilíbrio entre as funções vegetativas e reprodutivas, e ser compatível a máxima produção, a plena vitalidade, alargando o período produtivo e retirando o que não interessa. A olivicultura é uma atividade que requer um elevado nível de utilização de mão-de-obra, e entre as operações culturais necessárias, a poda é uma das que maior volume de mão-de-obra especializada consome, representando cerca de 10 a 30 % dos custos de produção de azeitona. Contudo, de ano para ano, mais difícil se torna encontrar a mão-de-obra necessária.

Os objetivos da poda são:

- Equilibrar o crescimento e frutificação;
- Encurtar ao máximo o período improdutivo (reduzindo as intervenções de poda ao mínimo indispensável para uma aceitável formação da árvores;
- Alargar o período produtivo (realizar podas de renovação de ramas envelhecidas e carregadas de madeira);
- Reduzir o ensombramento.

A época de poda tradicionalmente começa após a finalização da colheita da azeitona, mas em zonas muito frias no Inverno realizam-se as podas durante os meses de fevereiro, março e abril. O grande cuidado a ter neste processo é evitar podar em fases em que existem geadas fortes, pois esta pode ser prejudicial à árvore.

Poda manual de formação

A poda de formação da oliveira tem como objetivo construir o esqueleto que serve de suporte aos órgãos vegetativos durante a vida reprodutiva da oliveira, e também, possibilitar a mecanização integral da cultivar principalmente para a colheita pois facilita o trabalho dos vibradores de tronco (Cobo e Guillén, 1996). A poda de formação dos olivais modernos procura obter formas que permitam uma precoce e ótimo aproveitamento do meio produtivo, em especial a radiação solar, para evitar plantações muito densas e o ensombramento que é um fator limitante da produção.

Poda manual de produção

A poda de produção da oliveira, no período jovem-adulto, tem como objetivo reduzir a quantidade de ramos para facilitar a entrada de luz através da eliminação dos ramos demasiado baixos, os que se cruzam, rebaixar os demasiado altos e aclarar as zonas muito densas.

É muito importante evitar que o tamanho das oliveiras supere o volume ótimo de copa, que depende da fertilidade do solo e das disponibilidades de água no solo. Um volume de copa excessivo

incidirá negativamente sobre o tamanho do fruto, sobre o rendimento em azeite e sobre a regularidade e quantidade de produções devido ao déficit de iluminação e rápido consumo de água no solo.

Poda manual de renovação ou rejuvenescimento

Este tipo de poda é a poda do olival adulto, e tem o objetivo de combater os sintomas de envelhecimento derivados da sua idade, que levam à queda do seu potencial produtivo e maiores dificuldades de colheita pela difícil queda dos frutos. Com a idade as oliveiras vão acumulando madeira que afeta a relação folha/madeira e traz consequências de maiores alternâncias de produção, pior qualidade das azeitonas e um escasso crescimento vegetativo. Por isso, é necessário começar o processo de renovação total da copa, de forma pouco severa, mas sim escalonada e continuada, dando à oliveira a oportunidade de regenerar rapidamente a zona suprimida e ajudando-a com cuidados agronómicos culturais.

Poda mecânica

É a poda mais utilizada nos olivais superintensivos, complementada com algumas podas manuais necessárias. É um tipo de poda mais rápido, com menor utilização de mão-de-obra e consequentemente com menores custos. Este método de poda realiza os cortes com a ajuda de uma máquina podadora de discos montada sobre um trator, que se move a uma velocidade constante pela entrelinha e que realiza cortes horizontais (parte superior da árvore), verticais (parte lateral da árvore) e oblíquos.

Pastor et. al (1991), realizou um trabalho de investigação deste tipo de poda mecânica no olival e concluiu que este método pode ser viável nas seguintes condições:

- Na poda de produção durante o período adulto-jovem da plantação, substituindo a poda de produção;
- Em olivais intensivos para adaptar o volume de copa ao ótimo produtivo melhorando o arejamento e iluminação;
- Em podas severas de rebaixe para rejuvenescer olivais envelhecidos devidos à idade, altas produções e excesso de volume de copa.

2.3.2.3. Produção integrada no olival

As expansões dos sistemas de produção intensiva na olivicultura trouxeram problemas ambientais pelo uso insustentável de recursos naturais, como a água e solo e perda de biodiversidade. Foi por isso que surgiu o conceito de produção integrada do olival que é definida como um sistema de produção de azeitonas de grande qualidade, com rentabilidade económica, que dá prioridade a métodos ecologicamente seguros, minimizando o uso de agroquímicos e os seus efeitos secundários indesejáveis, para melhor salvaguarda do ambiente e da saúde humana (Malavolta et al., 2002).

Segundo Amaro (2003), na plantação de novos olivais, a cultivar e o sistema de plantação devem ser escolhidos e integrados de modo a obter produções regulares de azeitonas de qualidade com rentabilidade económica e a utilização do mínimo de agroquímicos e de práticas lesivas para o ambiente. Devem ser escolhidos locais favoráveis, quanto à exposição e com bons solos, evitando terrenos propensos a geadas e a granizo e com deficiente drenagem. Nos olivais em produção, a estrutura, profundidade, fertilidade, fauna e a microflora do solo devem ser conservadas e os nutrientes e a matéria orgânica reciclados o mais possível.

2.3.3. Nutrição e fertilização do olival superintensivo

A fertilização é uma das práticas mais usadas na agricultura, com a finalidade de satisfazer as necessidades nutritivas da cultura quando os nutrientes necessários para o seu desenvolvimento não são suportados em quantidades suficientes pelo solo. Segundo Amaro (2003), as orientações da produção integrada visam a melhoria da fertilidade do solo, que é essencial para assegurar boas produções e também tem reflexos de ordem sanitária, sendo por isso obrigatório que a gestão dos nutrientes das plantas e fertilizações respeitem as regras definidas pela OILB/SROP.

Uma das bases mais importantes na nutrição é atuar de modo a prevalecer sempre uma fertilização racional que visa fornecer às culturas os nutrientes de que necessitam, através da aplicação de adubos e/ou corretivos, nas quantidades, épocas e formas mais adequadas, ou criar condições para que estejam facilmente disponíveis no solo, com o objetivo de obter a máxima produção, qualidade e, ao mesmo tempo, garantir a preservação do ambiente ao evitar a poluição e não diminuir a biodiversidade (Marcelo, 2018).

Segundo Rius (2015), a nutrição do olival é importante para a obtenção de maiores produções, para evitar alternâncias na produção e melhorar a qualidade do azeite.

Segundo Escobar (2008), é normal que as necessidades nutritivas de uma árvore jovem sejam diferentes que as de uma árvore adulta, e que as de um olival plantado num solo fértil sejam também diferentes que as plantadas sobre um solo pobre, por isso, estimam-se que os custos de fertilização de um olival sejam de 5-10% dos custos anuais de cultura.

Um dos grandes problemas nesta área da nutrição do olival é que a maioria das vezes a fertilização realiza-se sem ter em conta fatores importantes como as propriedades físicas e químicas do solo, o estado nutritivo da planta, a idade, o estado vegetativo ou o nível de produção. Mesmo em explorações que possuam várias parcelas com diferentes características de olival (cultivar, idade de plantação ou tipo de solo) normalmente as fertilizações são feitas de igual modo em todas as parcelas, em vez de serem feitas em função das suas características e necessidades em cada momento e local. Outro problema é o facto de se aplicar mais nutrientes do que a planta realmente necessita. Ao aplicar-se mais nutrientes vai-se aumentar a produção ou a qualidade, contudo, o desenvolvimento de uma planta é limitado não pelos recursos totais existentes, mas por aquele que existe em menor quantidade (Lei de Liebig) e se aplicamos em demasia a rentabilidade diminui pois o que investe em fertilizantes não se traduz em maiores produções.

2.3.3.1. Determinação das necessidades nutritivas do olival

Análises de solo

As análises de solo permitem caracterizar o estado de fertilidade do solo através de parâmetros como: textura e pH; matéria orgânica; fósforo, potássio e magnésio extraíveis; ferro, manganês, zinco, cobre e boro extraíveis; cálcio, magnésio, potássio e sódio de troca e acidez potencial. Permitem também, detetar problemas ambientais, por exemplo, solos contaminados com metais pesados (Marcelo, 2018).

As análises de solo são uma grande ferramenta na fase inicial do desenvolvimento do olival, para determinar as necessidades de fundo (fósforo e potássio), matéria orgânica ou correções

necessárias a fazer (gesso ou cal). Mas, têm pouca utilidade para determinar as necessidades nutritivas durante toda a vida da planta, sendo mais benéficas apenas para diagnosticar problemas específicos como salinidade, acidez/alcalino ou toxicidade. O facto de as amostras poderem não ser representativas do volume de terra explorado pelas raízes e não refletirem as variações sazonais que ocorrem durante o ciclo ou a dificuldade em estabelecer uma relação/associação entre a quantidade de nutriente extraído na análise do solo e a sua absorção por este tipo de culturas, traduzem mais limitações do seu uso para determinar necessidades nutritivas durante o seu ciclo vegetativo (Marcelo, 2018).

Segundo Navarro (2008), é conveniente analisar o solo antes de se proceder à plantação e apesar de ser menos útil, de modo regular em cada 4-5 anos, depois de estabelecida. As análises devem ser realizadas quando o solo apresentar alguma humidade (outono/inverno) e com alguma antecedência relativamente à fertilização (Marcelo, 2018).

Análises foliares

A análise foliar é um método objetivo e prático para realizar o programa de fertilização que permite detetar deficiências nutritivas ou níveis tóxicos e planificar necessidades (Rius, 2015). Consiste na determinação quantitativa dos nutrientes minerais existentes numa parte específica da planta numa determinada fase do ciclo (Marcelo, 2018).

De acordo com Marcelo (2018), citando Bould (1972), é na folha que têm lugar os principais fenómenos metabólicos, e em fases específicas do ciclo da cultura existe uma relação entre a concentração de nutrientes nas folhas e o desenvolvimento vegetativo, a produtividade ou a qualidade da produção.

A colheita de amostras para análise deve ser anual e iniciar-se após o 2º ano de produção e o ideal é ser realizada na fase do endurecimento do caroço, finais de junho e princípios de agosto, ou então durante dezembro e janeiro, no repouso invernal, pois é quando as concentrações dos elementos estão mais estáveis. As folhas que devem ser amostradas são aquelas que estejam em melhores condições, com pecíolo, sem azeitonas, inteiras e com uma idade compreendida entre os 3 e 5 meses. Locais com solos atípicos, sintomas de deficiências, crescimento irregular ou com problemas de drenagem devem ser evitados na amostragem. Após a amostragem, as folhas devem seguir o mais rapidamente possível para o laboratório, devidamente embaladas num saco de papel e se possível irem num local fresco.

Análises da água da rega

A análise da água da rega é bastante importante uma vez que ela transporta nutrientes, principalmente o azoto, que pode influenciar o estado nutritivo da planta. A época ideal para se realizar a análise da água da rega é antes de se iniciar a sua época, embora se possa efetuar todo o ano, e deve ser feita de 4 em 4 anos.

2.3.3.2. Principais desequilíbrios nutricionais no Olival

Carência de Azoto

O azoto é o maior componente nutritivo das plantas pelo que a sua carência traz problemas importantes a níveis produtivos. Os sintomas passam pela perda generalizada da clorofila que leva a

uma clorose no limbo (Jordão, 2013). A aplicação de azoto deve ser feita na Primavera e pode ser aplicado tanto ao solo como às folhas.

Carência de Potássio

O potássio é o elemento que em maior quantidade extrai a oliveira, na ordem dos 4,5 g/kg de azeitona, e por isso o Potássio é um elemento de importância elevada na nutrição do olival. As folhas apresentam uma coloração amarelada na sua extremidade – clorose apical – de início, que evolui para necrose. É no outono e inverno e em folhas mais velhas que os sintomas se intensificam através de desfoliações intensas e seca dos ramos de periferia da copa (Jordão, 2013). As deficiências também são mais frequentes em solos pobres em potássio, com baixo teor de argila (menor poder tampão), temperatura baixa do solo e em anos secos.

A correção de fertilização pode ser feita via foliar com nitrato ou sulfato de potássio e é recomendada em situações de solos calcários ou com humidade do solo baixa, no final do verão ou início do outono e antes da floração. Também pode ser aplicado ao solo, através da fertirrega.

Carência de Boro

A oliveira é uma planta com altas necessidades de boro, portanto é um elemento também muito importante na sua nutrição. Os primeiros sintomas são o aparecimento de uma clorose apical, verde clara e verde amarelada nas folhas mais jovens que se podem tornar mais pequenas e deformadas. Estes sintomas ocorrem durante o outono e inverno e anos secos e podem levar a intensas desfoliações, morte de gomos apicais, ficando a árvore com aspeto arbustivo (Jordão, 2013). Os sintomas podem muitas vezes confundir-se com os sintomas de deficiência de potássio pelo que é recomendável uma análise de folhas. A sua deficiência ocorre em diversos tipos de solo, mas em especial nos pobres em boro e solos arenosos. A disponibilidade de boro também diminui em condições de seca e conforme aumenta o pH do solo.

A aplicação de fertilizantes deve ser feita ao solo (25-40 g de boro/árvore) e às folhas em caso de solos calcários (0,2% de boro) antes da floração.

Carências de Magnésio

Os sintomas das suas deficiências manifestam-se essencialmente nas folhas através de cloroses verde-amareladas que podem cair prematuramente, durante o outono. A sua carência ocorre mais em solos pobres em magnésio e ricos em potássio.

A aplicação de nutrientes pode ser feita por via foliar (sulfato ou nitrato de magnésio, na primavera) ou por fertirrega.

2.3.4. Rega do olival superintensivo

A rega tem um papel fundamental na olivicultura das regiões do mediterrânico uma vez que no verão as plantas estão dispostas a elevadas temperaturas e intensidades de radiação e baixas humidades relativas, que por um lado induzem o crescimento e produção, mas por outro provocam défice e stress hídrico à planta. Por isso a rega permite um melhor desenvolvimento do fruto, permite a máxima acumulação de azeite e dos componentes responsáveis pelas características organoléticas.

Apesar de a oliveira ser uma espécie bem-adaptada a climas secos, derivado a uma boa relação estomática, em que as folhas permitem baixos potenciais hídricos através do fecho estomático para controlar e diminuir as perdas de água por transpiração, períodos sucessivos de seca podem comprometer o desenvolvimento e vida da planta, pondo em causa a obtenção de produções sustentáveis. O quadro 1 mostra alguns efeitos da oliveira ao défice hídrico ao longo das suas fases de crescimento:

Quadro 1 – Efeito do défice hídrico nas diferentes fases do ciclo de crescimento. Fonte: Rius et. al (2015)

Fase (Período)	Efeito do défice hídrico
Desenvolvimento dos botões florais (fevereiro-maio)	Redução do número de flores e aborto ovário
Floração (maio)	Redução da fecundação – floração incompleta
Vingamento do fruto (maio-junho)	Vingamento fraco; aumenta a alternância de produções
Crescimento do fruto (junho-setembro)	Diminui o tamanho do fruto
Maturação/acumulação de azeite (agosto-colheita)	Diminui o conteúdo de azeite/fruto
Crescimento vegetativo (todo o ano)	Redução do crescimento e do nº flores no ano seguinte

Os três períodos ao longo do ciclo de crescimento da oliveira em que a cultura é mais sensível ao stresse hídrico são:

-Período 1: que vai desde as últimas fases do desenvolvimento floral até a plena floração (Rapoport e Rallo, 2001). No Alentejo, ocorre, usualmente, em meados de abril até a meio de maio, mas geralmente a precipitação é suficiente para satisfazer as necessidades hídricas, portanto a irrigação raramente é necessária;

-Período 2: ocorre no final da primeira fase de desenvolvimento da fruta, ou seja, 6 a 10 semanas após a plena floração (Rallo e Rapoport, 2001);

-Período 3: final de agosto-meados setembro, quando ocorre um aumento acentuado na acumulação de azeite. Nesse período, a oliveira é muito sensível ao stresse hídrico, acrescendo o facto que é um período de elevadas temperaturas e, consequentemente, de elevada evapotranspiração (Lavee e Wodner, 1991; Tognetti et al., 2005).

2.3.4.1. Sistemas de rega

Nos olivais superintensivos o sistema de rega mais habitual é a rega localizada ou rega gota-a-gota porque com um custo similar a outros sistemas este consegue ter uma maior eficiência potencial. As vantagens deste sistema de rega passam por serem altamente eficientes, terem problemas mínimos de infiltração (o vento não afeta a distribuição), terem perdas mínimas por evaporação ou até na facilidade de aplicação de fertilizantes. Enquanto as desvantagens passam pela maior necessidade de filtragem da água, monitorização do sistema e programação de regas mais precisa, bem como maiores riscos de acidificação do solo na utilização de fertilizantes ácidos.

Na instalação deste sistema deve-se ter em conta fatores como a disponibilidade de água e mão-de-obra, clima, tipos de solo (drenagem e capacidade retenção de água) e até possibilidade de

automatização e fertirrega. O desenho de instalação dos sistemas de rega gota-a-gota deve ser feito por profissionais e deve ter em conta as características do solo bem como a variedade e os períodos de máxima procura. As características gerais deste sistema serão descritas no quadro 2:

Quadro 2 - Características gerais do sistema de rega gota-a-gota. Fonte: Rius et. al (2015)

Características	Observações
Pressão de trabalho	50-120 kPa
Caudal	1-4 L/h
Tipo e distância de gotejadores	Em linha; 50-75cm
Quantidade água aplicada e necessidade de infiltração	Baixas (<2L/h) ou altas

2.3.4.2. Rega deficitária (RD)

Enquanto assistimos a uma maior utilização de água para fins agrícolas no nosso país cada vez mais a água é um bem escasso e de difícil acesso. Muitas vezes as necessidades de água são superiores à disponibilidade de água para a rega, sobretudo em anos de seca, o que pode por em causa a sustentabilidade de uma exploração e até levar à morte de uma cultura.

A rega deficitária surgiu com o objetivo de haver um uso mais eficiente e sustentável da água e é definida como uma aplicação de água abaixo dos níveis de evapotranspiração das culturas, sem afetar a produtividade das culturas (Ferreira, 2018). Existem várias estratégias de RD, algumas descritas no quadro 3, mas a mais usual é a rega deficitária **controlada (RDC)**, uma vez que é a mais estudada, a mais aplicada e é a que, em termos de perenidade, produtividade e poupanças de recursos hídricos é a mais vantajosa. Ela permite uma melhoria na eficiência do uso da água e ajuda a manter os benefícios económicos da exploração, pois tem um efeito mínimo na produção.

Quadro 3 – Caracterização das estratégias de rega deficitária. Fonte: adaptado de Fernandes-Silva (2016)

Estratégias de rega deficitária	Caracterização
Rega suplementária ou de complemento	Consiste em aplicar poucas regas (2-3) nos momentos de stress hídrico excessivo. Rega-se com frequência, mas só com uma fração da ETc.
Rega deficitária de baixa frequência	Deixa-se que a cultura esgote a água acumulada no solo até ao nível de esgotamento permitido. Depois dá-se uma rega até à CC (o nº de regas depende do solo).
Rega deficitária controlada (RDC)	Realiza-se um stress hídrico nas fases em que a árvore é mais tolerante à seca e aplica-se a água necessária o resto do tempo em que a árvore é sensível à sua falta

Contudo, ao realizar este processo é fundamental o conhecimento das respostas produtivas da cultura ao stress hídrico nas distintas fases de desenvolvimento (Quadro 2) para decidir o momento de aplicação e a intensidade do mesmo. A decisão de aplicar a RDC tem que ser analisada com cuidado e em função dos objetivos desejados, onde as condições climáticas têm uma influência muito grande na decisão e as sondas de humidade de solo têm um papel fundamental de apoio ao conhecimento do estado hídrico do solo. Apesar de a fase de crescimento do fruto ser uma fase importante, é nela que ocorre o momento ideal para realizar rega deficitária pois ajuda a reduzir o excessivo crescimento

vegetativo com poucas reduções na produção final de azeite. Todas as outras fases carregam desvantagens que para uma produção rentável e, por isso, não devem ser praticadas.

2.3.4.3. Sondas de humidade de solo

Em culturas de regadio, o ajustamento da rega às necessidades em água das plantas é, nos dias que correm, uma regra fundamental e de máxima importância nas explorações agrícola. Esta prioridade deve-se por um lado ao custo da água e, por outro lado, ao facto de ela ser um bem essencial e escasso. Nestas condições, uma das prioridades da gestão da rega é aumentar a eficiência e a uniformidade de aplicação da água, se bem que alguns destes parâmetros estão relacionados com o desempenho dos equipamentos de aplicação da água, outros têm a ver com a gestão, nomeadamente a dotação aplicada e o intervalo entre regas (COTR.pt). A monitorização da humidade do solo é desde há muito tempo uma forma prática, rigorosa e eficaz de medir a eficiência da rega e a utilização de água pela planta. Com recurso a sondas de monitorização contínua de humidade do solo, estações meteorológicas e apoio técnico especializado, os serviços de gestão da rega permitem decidir de forma sustentada quando regar, quanta água aplicar e aferir a eficiência da rega efetuada (Terra-Pro.net).

Os objetivos do apoio à gestão da rega passam por melhorar a eficiência (redução substancial de custos com água e energia), a qualidade (aumento de produção e produtividade da cultura), a consistência (consistência entre campanhas e múltiplos locais de produção) e a sustentabilidade (maior proteção ambiental e sustentabilidade no uso da água).

2.3.5. Proteção integrada

Para a melhoria da qualidade da produção e do rendimento do olival, através de práticas agrícolas mais adequadas surgiu a proteção integrada que foi definida em 1973 pela OILB/SROP, com a designação de luta integrada, como um processo de luta contra os organismos nocivos utilizando um conjunto de métodos que satisfaçam as exigências económicas, ecológicas e toxicológicas e dando carácter prioritário às ações fomentando a limitação natural e respeitando os níveis económicos de ataque.

Segundo Torres (2007), a proteção integrada tem como maior prioridade as medidas indiretas de luta onde estão incluídas o uso ótimo dos recursos naturais (cultivares resistentes ou tolerantes a pragas e doenças), a adoção de práticas culturais sem impacto negativo no ecossistema (não haver excesso de aplicação de adubos e herbicidas ou promover o enrelvamento) e a proteção e aumento de antagonistas naturais (artrópodes, fungos e plantas). A segunda prioridade é a avaliação da indispensabilidade de intervenção com a análise dos dados relativos aos períodos de risco, intensidade de ataque e utilização do nível económico de ataque (NEA). Por último, os meios diretos de luta, onde se deve dar preferência aos que atuam exclusivamente sobre o inimigo a combater, os de natureza biotécnica, biológica e química.

2.4 Agricultura de Precisão

2.4.1. Conceito e objetivos

A agricultura de precisão (AP) é um tema abrangente, sistémico e multidisciplinar pelo que existem várias definições de agricultura de precisão.

Segundo Coelho e Silva (2009): “A agricultura de precisão envolve a aplicação diferenciada e à medida dos fatores de produção, tendo em conta a variação espacial e temporal do potencial produtivo do meio e das necessidades específicas das culturas, de forma a aumentar a sua eficiência de utilização e, assim, melhorar o rendimento económico e reduzir o impacto ambiental da atividade agrícola”.

Segundo Braga e Pinto (2011): “A agricultura de precisão será um sistema de cultura em que é dada grande ênfase à variabilidade espacial dos recursos, dos fatores de produção e da produtividade/qualidade, de forma que a sua gestão garanta melhores indicadores físicos, económicos e ambientais das parcelas e das explorações agrícolas”.

Segundo Grave (2013) citando Capelli (1999), na agricultura convencional as grandes áreas são tratadas como homogéneas, levando ao conceito de necessidade média tanto na utilização de fertilizantes, fitossanitários, gestão da água, etc. e citando Manzatto et al. (1999), na agricultura de precisão, as grandes áreas de produção já não são tratadas como homogéneas, mas sim como heterogéneas. Em analogia ao passado podemos considerar que a AP é como na altura em que não havia máquinas e todo o trabalho era feito por mão-de-obra humana e de forma lenta, onde era possível realizar mondas localizadas e até maiores ou menores aplicações de adubos em certas zonas, com a diferença que na atualidade essa resposta diferenciada pode ser aplicada em grande área e sem perder rendimento de trabalho.

Na agricultura de precisão os dois grandes e importantes objetivos são:

- 1- Redução dos custos de produção e aumento de produtividade (aumento do rendimento);
- 2- Redução do impacto ambiental resultante da atividade agrícola.

Outra via onde a AP pode dar o seu contributo é na previsão da altura de colheita mais correta o que, provavelmente, conduzirá a melhor qualidade e rendimento e por isso, a uma valorização do produto (Grave, 2013).

2.4.2. Tecnologias

Nos últimos 50 anos temos assistido a uma evolução e desenvolvimento tecnológico muito rápido e grande. Esse avanço permitiu uma melhoria em muitas áreas incluindo o setor agrícola, onde existem várias tecnologias associadas à agricultura de precisão e que de certa forma permitiu a consequente aplicabilidade do seu conceito. Por isso, à AP está associado a utilização de equipamento de alta tecnologia para avaliar, ou monitorizar, as condições numa determinada parcela de terreno, aplicando depois os diversos fatores de produção (Coelho e Silva, 2009).

Podemos dividir estas tecnologias em 3 grupos:

- 1- Diagnóstico: deteção remota, condutividade elétrica do solo, etc.;
- 2- Meios de atuação: GNSS (*Global Navigation Satellite Systems*) e *Variable rate technology* (VRT);
- 3- Gestão de dados e criação de conhecimento: Sistema de informação geográfica (SIG).

2.4.2.1. Sistemas de posicionamento global (GNSS)

O GNSS (*Global Navigation Satellite Systems*) é o sistema de posicionamento mais procurado e usado na atualidade que permite determinar a localização de um objeto/recetor móvel no ar ou na superfície terrestre (Coelho e Silva, 2009). É por isso que o GNSS tem máxima importância na AP, uma vez que este dá a localização “exata” dos locais de variabilidade espacial de certos solos ou culturas que se pretende conhecer. Coelho e Silva (2009) adiantam mesmo que a par dos SIG, o GNSS é uma das bases de todas as ferramentas da AP (Coelho e Silva, 2009). Uma vez que o conceito de AP se baseia na posição e/ou no indivíduo, a precisão das coordenadas deve ser tão alta quanto possível.

2.4.2.2. Sistemas de informação geográfica (SIG)

Os SIG podem definir-se como sistemas compostos por *hardware*, *software* e um ambiente institucional que permite consultar, arquivar, modelar, manipular, analisar e visualizar dados referenciados geograficamente (Figura 10), funcionando como uma ferramenta de apoio à resolução de problemas geográficos.

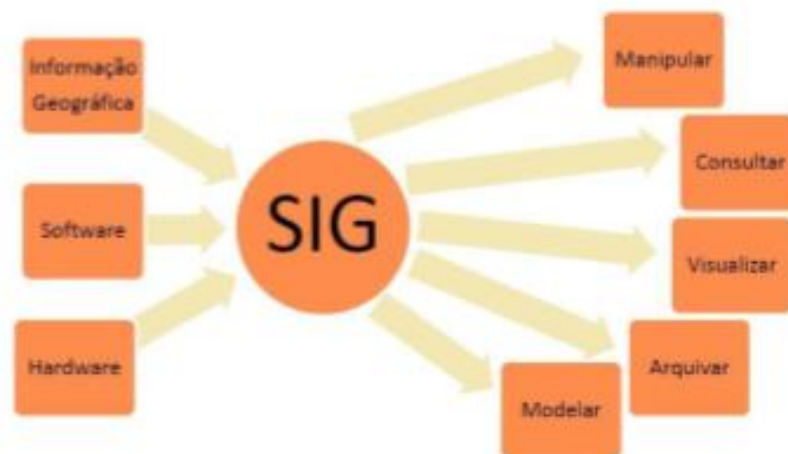


Figura 10 - Esquema representativo do funcionamento de um SIG. Fonte: Paes (2011)

Os SIG tratam os dados de forma separada e independente em várias camadas permitindo que do seu tratamento resulte nova informação. Cruzando toda a informação, cada elemento da representação espacial tem vários dados associados, como por exemplo: declive, nutrição do solo, produtividade, erosão do solo, percentagem de matéria orgânica, entre outros (Figura 11). É através destas capacidades que estes sistemas permitem cartografar resultados, colocando essa informação sob a forma de cartas, que podem ser constantemente atualizadas (Coelho e Silva, 2009).

Os SIG são essenciais e a base para um bom planeamento e gestão agrícola a nível regional e mesmo da exploração - permitem gerir perímetros de rega, cartas de potencial agrícola, estudos e projetos de emparcelamento, entre outros. De maneira mais concreta, a sua utilização na AP é fundamental dado que a maior parte das técnicas subjacentes a este tipo de agricultura utilizam e necessitam desta informação georreferenciada (Martins, 2015).

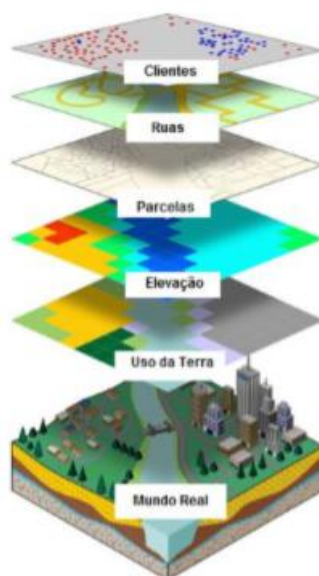


Figura 11 – Camadas de informação de um SIG. Fonte: Grave (2013).

2.4.3. Detecção remota (DR)

2.4.3.1. Conceitos e funcionamento

Segundo Campagnolo (2018), a detecção remota (DR) designa o conjunto de técnicas para obtenção de informação sobre um objeto por um sensor que não está em contacto físico com o objeto e para interpretação dessa informação. Os sensores para recolha de informação podem ser instalados em satélites, em aviões de media ou alta altitude, em laboratório e mesmo até por sensores portáteis. Na figura 12 podemos observar um modelo de sistema de detecção remota que é sempre composta por três componentes (Coelho et al., 2004):

- 1 - Emissor de radiação: natural (sol ou Terra) ou artificial (radar);
- 2 - Superfície terrestre: interage com a radiação dependendo do tipo de radiação e características dos objetos;
- 3 - Sensor: capta e regista a energia emitida ou refletida pela superfície terrestre.

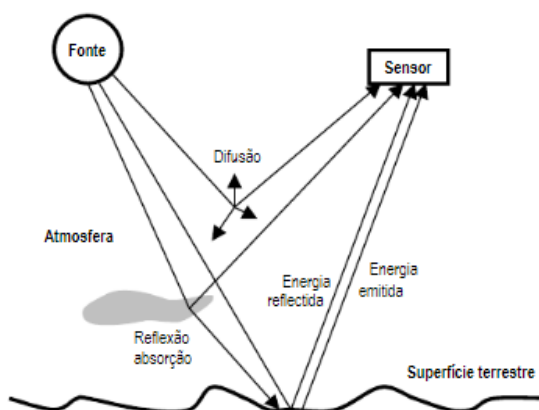


Figura 12 - Sistema de detecção remota. Fonte: (Coelho et al., 2004)

A DR pode também ser definida, no contexto cartográfico, como o processo de recolha de informação de áreas e objetos sobre ou próximos da superfície terrestre, por um sensor de radiação eletromagnética colocado acima da mesma superfície terrestre (Coelho e Silva, 2009). Com este sensor é possível captar e registar a energia emitida e/ou refletida pela superfície terrestre em diversos comprimentos de onda do espectro eletromagnético (Figura 13). A região do visível representa o intervalo de comprimento de onda a que o olho humano responde.

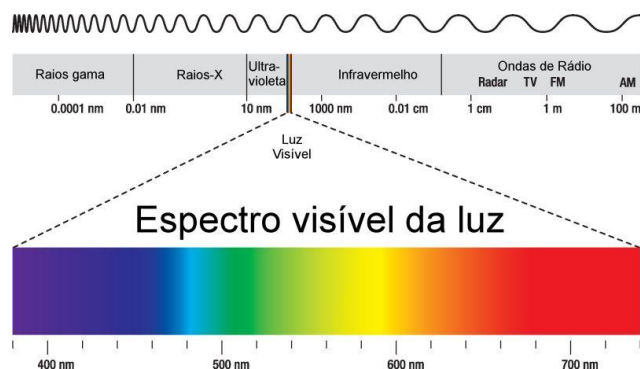


Figura 13 – Espectro eletromagnético. Fonte: Infoescola.com

O espectro eletromagnético é habitualmente decomposto em regiões, que vão dos raios gama (menor comprimento de onda e maior energia) até às ondas longas usadas em telecomunicações (maior comprimento de onda e menor energia).

Para a deteção remota as bandas espectrais mais importantes são:

- Visível: onde a clorofila das plantas absorve toda a radiação solar azul (0,42-0,49 μm) e vermelha (0,58-0,70 μm), e reflete a radiação verde (0,49-0,58 μm) e infravermelha próxima (0,70-1,30 μm);
- Infravermelho: distingue-se o infravermelho medio (1,30-3 μm) e o infravermelho térmico (>3 μm);
- Microondas: (0,1-50 cm) que é explorada por observações de RADAR, e são muito úteis em regiões com grande índice de nebulosidade (Coelho et al. 2004).

A radiação que mais nos informa sobre o vigor da planta é a do infravermelho próximo (IVP), pois a reflectância de uma planta nesta banda é determinada pela estrutura das células foliares e pela água que nelas se encontra (Dias, 2009).

A assinatura espectral é o conjunto das quantidades de energia emitida e refletida por um dado corpo, em partes específicas do espectro. Sabendo como os corpos que ocupam o solo (água, solo nu, vegetação) reagem nas bandas espectrais mais utilizadas podemos identifica-los a partir do conhecimento prévio das suas respostas espectrais (Figura 14) (Tristany, 2010).

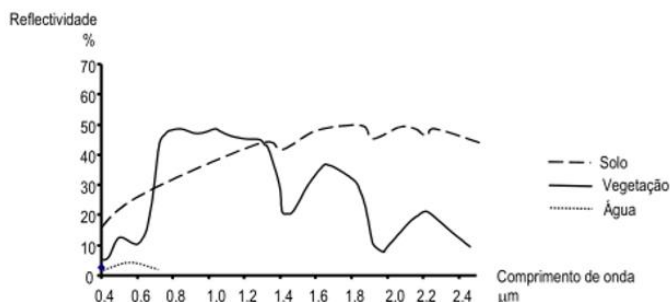


Figura 14 – Reflectividades típicas do solo, vegetação e água. Fonte: Coelho et al. (2004)

Na vegetação, uma folha tem grandes variações de comportamento tanto ao nível da refletividade (espessura da folha), como da emissividade ou transmissividade devido a ser constituída por diferentes matérias. A refletividade espectral da vegetação apresenta uma grande variação em função do comprimento de onda. No visível, a maior parte da radiação incidente é absorvida pela clorofila, e as folhas têm uma fraca reflexão no azul e vermelho, média no verde, e elevada no IVP.

No solo, a energia incidente é praticamente toda absorvida e refletida. A curva espectral dos solos caracteriza-se por uma refletividade relativamente baixa na região do visível, aumentando gradualmente com o incremento do comprimento de onda das radiações. Os principais fatores que determinam a refletividade são o teor de humidade, a matéria orgânica, o calcário, óxidos de ferro, textura e estrutura.

Na água, ao contrário da vegetação e do solo, nos comprimentos de onda mais curtos da região do visível há uma maior refletividade e nos comprimentos de onda maiores do que o visível e do IVP há uma maior absorção e menor refletividade. Os fatores que mais influenciam a refletividade são a profundidade da massa de água, a quantidade de matéria em suspensão e a agitação superficial.

Assim, podemos concluir que consoante as espécies presentes, densidade, altura, teor em água, % de matéria verde, estado vegetativo de uma cultura, solo e água os resultados espectrais podem variar. Se conseguirmos correlacionar esses resultados com estes parâmetros de interesse agronómico com alguma precisão e estabilidade, a DR poderá trazer grandes vantagens para a agricultura (Martins, 2015).

2.4.3.2. Aplicações e características dos satélites e respetivos sensores óticos

No ano de 1967 surgiu o estudo do programa Landsat que visava a construção de satélites para observação da superfície da Terra, e foi em 1972 que o primeiro satélite, com o nome ERTS-1, foi lançado. Até ao final dos anos 90 foram lançados mais 6 satélites com sensores, comprimentos de onda e resoluções espaciais diferentes. O Landsat 7 era o mais recente satélite até fevereiro de 2013, ano em que foi lançado o último até aos dias de hoje, o Landsat 8.

Landsat 8

O Landsat 8 é o oitavo satélite do programa Landsat e foi construído pela *Orbital Sciences Corporation* e os seus instrumentos do satélite foram construídos pela *Ball Aerospace* e pela NASA. O satélite orbita circularmente a Terra a uma altitude de 705 km, inclinada a 98,2 graus e circunda a Terra a cada 99 minutos, com um ciclo de repetição de 16 dias (www.usgs.gov).

O Landsat 8 foi concebido para recolha de dados multiespectrais da superfície terrestre a partir de uma plataforma espacial não tripulada (Sousa e Silva, 2017). Ele envia imagens com mais detalhes, cores mais reais e pormenores mais definidos que os anteriores. Tira duas vezes mais fotografias diárias que o Landsat 7, para além de ter uma qualidade, rapidez, detalhe e área cobertura inigualáveis (<https://www.dn.pt/sociedade/interior/novos-google-maps-e-earthmostramo-mundo-com-mais-cores-5256491.html>). O sucesso do Landsat deve-se a diversos fatores, incluindo a combinação de sensores com bandas espectrais adaptadas à observação terrestre, resolução espacial adequada, e boa cobertura aérea.

Os instrumentos deste satélite são:

-Imagens de terra operacional (OLI): descritos no quadro 4, capturam dados com precisão radiométrica de 12 bits por pixel e recolhe dados para bandas espectrais de infravermelhos visíveis, infravermelho próximo e de ondas curtas, bem como uma banda pancromática;

-Sensor infravermelho térmico (TIRS): descritos no quadro 5, construído pela NASA recolhe dados para duas bandas espectrais na região térmica.

Quadro 4 – Características da Banda OLI. (Fonte: *Earth observing System*)

Bandas (OLI)	Comprimentos de onda (μm)	Resolução espacial (m)	Aplicações da Banda
b1 – Costeira	0,433-0,453	30	Estudos costeiros e aerossóis
b2 – Azul	0,45-0,515	30	Mapeamento batimétrico, distinção do solo da vegetação
b3 – Verde	0,525-0,6	30	Avaliar o vigor das plantas
b4 – Vermelho	0,63-0,68	30	Discrimina as encostas da vegetação
b5 – Infravermelho próximo (IVP)	0,845-0,885	30	Conteúdo de biomassa
b6 – Infravermelho médio (IVM1)	1,56-1,66	30	Discrimina o teor de humidade do solo e da vegetação; penetra nuvens finas
b7 – <i>Cirrus</i> (nuvens)	0,5-0,680	30	Melhor deteção de contaminação por nuvens <i>cirrus</i>
b8 – Infravermelho médio (SWIR2)	2,1-2,3	30	Melhor conteúdo de humidade do solo e vegetação e penetração de nuvens finas
b9 - Pancromática	0,503-0,676	15	Definição de imagem mais nítida

Quadro 5 – Características da Banda TIR. (Fonte: *Earth observing System*)

Bandas (TIR)	Comprimentos de onda (μm)	Resolução espacial (m)	Aplicações da Banda
b10 – Infravermelho térmico I (TIR1)	10,6-11,19	100	Mapeamento térmico e humidade estimada do solo
b11 – Infravermelho térmico II (TIR2)	11,5-12,51	100	Mapeamento térmico e humidade estimada do solo

Programa Copernicus

O programa Copernicus é um programa europeu de observação da Terra coordenado e gerido pela comissão europeia em parceria com a agência espacial europeia (ESA), os estados-membros e as agências da EU, organização europeia para a exploração de satélites meteorológicos (EUMETSAT), o centro europeu para as previsões meteorológicas a médio prazo (ECMWF) e Mercator Océan.

É um programa de observação e monitorização da Terra, que analisa o planeta e o seu meio ambiente em benefício dos cidadãos europeus. Ele proporciona dados de forma operacional e serviços de informação de forma gratuita sobre numerosas áreas de aplicação, graças a uma grande variedade de tecnologias, que vão desde os satélites no espaço aos sistemas de medição na terra, mar e ar.

Segundo a ESA, o objetivo deste programa é alcançar uma capacidade global, contínua, autónoma, de alta qualidade e ampla capacidade de observação da Terra. Fornecer informações precisas, oportunas e de fácil acesso para, entre outras coisas, melhorar a gestão do meio ambiente, compreender e atenuar os efeitos das mudanças climáticas e garantir a segurança civil.

Em termos práticos, este programa tem muitos interesses e benefícios, onde os que mais se destacam são os benefícios sociais nas áreas como as energias renováveis, segurança alimentar e contribui para a excelência da indústria espacial europeia, benefícios económicos pois o uso de tecnologias de satélites dá lugar a novas aplicações, usos e mercados, e benefícios ambientais no âmbito das alterações climáticas, bem como monitorizações da composição atmosférica e parâmetros do ciclo da água como a humidade do solo ou massas de água. Na agricultura com este programa é possível fazer uma avaliação periódica das áreas de cultivo, monitorização do desenvolvimento do cultivo à escala regional e mundial, bem como estimação de colheitas, apoio às práticas agrícolas sustentáveis como as estimativas da necessidade de rega. O Copernicus baseia-se em três componentes:

- 1 - O componente espacial: satélites de observação e segmento terrestre associado com missões que observam parâmetros terrestres, atmosféricos e oceanográficos. Incorporam-se os satélites denominados por Sentinel e as infraestruturas espaciais denominadas por missões participantes;
- 2 - Medições *in situ*: redes de recolha de dados terrestres e aéreas que fornecem informações sobre os oceanos, a superfície continental e a atmosfera. Utilizam-se para calibrar, verificar e complementar informação proporcionada pelos satélites oferecendo assim, dados fiáveis e consistentes no tempo;
- 3 - Serviços: desenvolvidos e gerenciados pelo Copernicus e oferecidos, de forma gratuita a todos os cidadãos, transformam os dados dos satélites e medições *in situ* em informação de valor para se produzir mapas, extrair dados estatísticos e identificar os aspetos característicos e anormais.

(https://www.copernicus.eu/sites/default/files/documents/Copernicus_brochure_ES_web_Oct2017.pdf)

Sentinel 1, 2 e 3

A geração de satélites da constelação Copernicus, designados por Sentinel, disponibilizam diversa informação ótica e de radar para observação da superfície terrestre, oceânica e atmosférica. Cada missão do Sentinel é baseada numa constelação de 2 satélites com objetivo de fornecer conjuntos de dados para todos os serviços do Copernicus. Os satélites Sentinel vieram preencher a lacuna existente relativamente à cobertura de grandes áreas sem influência de nuvens (quer pela utilização de dados Radar do Sentinel 1 como pela maior resolução temporal) para a monitorização de vegetação de rápido crescimento (Sousa e Silva, 2017).

Sentinel-1

O satélite Sentinel-1 é composto por uma constelação de dois satélites de órbita polar, o Sentinel-1A que foi lançado no dia 3 de abril de 2014 e o satélite Sentinel-1B que foi lançado em 25 de

abril de 2016, com sensores ativos, ou seja, possuem fonte própria de energia (<https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-1>).

Segundo a ESA, o Sentinel-1 funciona num modo de operação pré-programado para evitar conflitos e produzir um arquivo consistente de dados de longo prazo. O objetivo deste satélite é fornecer uma capacidade operacional independente para o mapeamento radar contínuo da Terra, por meio de rigorosos requisitos de conhecimento da órbita e precisão de tempo de captura de dados.

Estes sistemas RADAR constam da detecção de sinais que são transmitidos de um sinal eletromagnético de microondas, sendo que a intensidade do sinal reenviado a partir dos objetos na superfície terrestre é medida para distinguir os diferentes objetos possíveis. Estes sistemas operam na banda C que fornece uma coleção de dados em todos os climas, dias ou noites, devido à sua alta resolução espacial e temporal, obtendo imagens das massas terrestres, zonas costeiras e rotas marítimas (Sousa e Silva, 2017).

As principais aplicações deste satélite passam por:

- 1- Serviços de monitorização do meio terrestre (acompanhamento de áreas agrícolas e florestais, estimativas mais precisas de humidade do solo), meio marinho (segurança marítima, recursos marinhos, ambiente costeiro e marinho, clima e previsão sazonal) e das alterações climáticas;
- 2- Suporte à gestão de emergências (desastres ambientais) e cartografia.

Sentinel-2

O satélite Sentinel-2 é composto por uma constelação de dois satélites de órbita polar, o Sentinel-2A que foi lançado no dia 23 de junho de 2015 e o satélite Sentinel-2B lançado no dia 7 de março de 2017 (<https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-2>).

Segundo a ESA, os objetivos da missão do Sentinel-2 são fornecer aquisições sistemáticas de imagens multiespectrais de alta resolução, fornecer dados de observação como mapas de ocupação da terra e variáveis geofísicas. Estes objetivos permitem que o Sentinel-2 dê uma contribuição significativa aos temas do Copernicus, como as alterações climáticas, monitorização de terras, gestão de emergências e segurança. O Sentinel-2A destaca-se pela disponibilização de características espectrais (13 bandas multiespectrais, na região do visível, infravermelho próximo e médio), imagens óticas de altas resoluções espaciais (10, 20 e 60 m) e temporais (5 dias) e veio trazer grandes avanços na monitorização da superfície terrestre (Sousa e Silva, 2017).

As principais aplicações do Sentinel-2 vêm melhorar as do Sentinel-1 e são:

- 1- Serviços de monitorização do meio terrestre (mapas de ocupação e uso do solo, por exemplo, percentagem de coberto vegetal, índice de clorofila, índice de área foliar), meio marinho (segurança marítima e de fronteiras, mapeamento da zona costeira) e monitorização das alterações climáticas;
- 2- Serviços de suporte à gestão de emergências (mapeamento de áreas urbanas localizadas em zonas de risco de ocorrência de desastres naturais).

Sentinel-3

O satélite Sentinel-3, é composto por uma constelação de 2 satélites de órbita quase polar, o Sentinel-3A lançado no dia 16 de fevereiro de 2016 e o satélite Sentinel-3B lançado no dia 25 de abril de 2018 (<https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-3>). Este veio reforçar a informação disponível para análise de diversos fatores relacionados com a vegetação (Sousa e Silva, 2017).

Segundo a ESA, o principal objetivo da missão Sentinel-3 é medir com alta precisão a topografia e altura da superfície do mar e a temperatura e cor da superfície terrestre e oceânica (sensores *on-board*) para suportar sistemas de previsão oceânica, monitorização ambiental (qualidade da água do mar e poluição) e do clima. As aplicações do Sentinel-3 são diversas no meio terrestre e oceânico. Este satélite em conjunto com o sistema global de observação dos oceanos (GOOS) visam criar um sistema permanente de observação oceânica através:

- 1- Dados de reflectância de cor e terra do oceano;
- 2- Temperatura da superfície do mar, terra e gelo;
- 3- Monitorização de fogo ativo e área queimada;
- 4- Dados de topografia da superfície do mar.

2.4.3.3. As aplicações na Agricultura – IAF, NDVI e NDWI

São muitas as aplicações de deteção remota na agricultura, por isso vou destacar aquelas que são mais importantes no âmbito deste estudo:

IAF

O índice de área foliar (IAF) é uma grandeza adimensional que faz uma estimativa da biomassa, de toda a parte vegetativa da planta. É uma variável de relevo em muitos modelos de crescimento das culturas desenvolvidos para a previsão de colheitas (Coelho e Silva, 2009). É um modelo matemático que pode definir-se como a área foliar por área de superfície unitária de solo (m^2/m^2) e que varia em função das espécies vegetais, o clima, as estações do ano e o estado de desenvolvimento da planta.

A inclusão de informação obtida por deteção remota, a partir das bandas espectrais, onde as reflectâncias no verde, vermelho e IV próximo são as variáveis passíveis de serem utilizadas no cálculo do IAF, tornou-se muito importante no estudo do estado de crescimento de uma cultura. O IAF pode oferecer importantes informações na compreensão da dinâmica da vegetação em ecossistemas terrestres, uma vez que é determinante em processos produtivos como a intercetção da radiação e trocas gasosas e de água com o meio (Breda, 2003).

NDVI

NDVI é a sigla para *Normalized Difference Vegetation Index*, em português, índice de vegetação por diferença normalizada e foi desenvolvido por Rouse et al. (1974) para avaliar a condição geral da vegetação utilizando imagens do satélite ERTS-1 MSS.

É o índice mais utilizado a nível mundial e tem como objetivo estimar o tipo, extensão e condições da vegetação numa determinada região que é um dos objetivos primários de qualquer investigação do uso do solo (Coelho e Silva, 2009).

Todos os índices de vegetação são modelos matemáticos e no caso do NDVI ele é calculado através da razão entre a reflectância na banda do vermelho (V) e do Infravermelho próximo (IVP) que correspondem às bandas mais afetadas pela absorção da clorofila nas folhas e pela densidade de vegetação verde na superfície do solo:

$$NDVI = \frac{(IVP - V)}{(IVP + V)}$$

O resultado do índice pode variar, adimensionalmente, entre -1 (ausência de vegetação ou solo exposto) e 1 (grande quantidade de vegetação fotossinteticamente ativa) e descreve a abundância relativa da atividade fotossintética. Desta forma, quanto mais próximo da unidade o NDVI for melhor estado vegetativo se encontram as plantas e por consequência as culturas (absorvem mais radiação V e refletem a IVP). De forma inversa, culturas com elevados níveis de stress apresentam valores de NDVI perto de zero (refletem mais radiação V e menos IVP). Valores de NDVI negativos raramente são encontrados a não ser em superfícies de água (Paes, 2011).

Dentro do NDVI podemos distinguir 2 formas de análise, o NDVI absoluto (Figura 15A) em que é possível ver o panorama geral da parcela sem grandes diferenças, ou seja, conseguimos entender se o NDVI no geral está baixo ou alto e o NDVI relativo (Figura 15B) que ajuda-nos a ter um conhecimento mais pormenorizado das diferenças que possam existir onde, por exemplo, podemos perceber melhor as zonas onde se situam as plantas com maior ou menor taxas fotossintéticas. As imagens correspondem à parcela em estudo e foram tiradas no dia 05/05/2019.

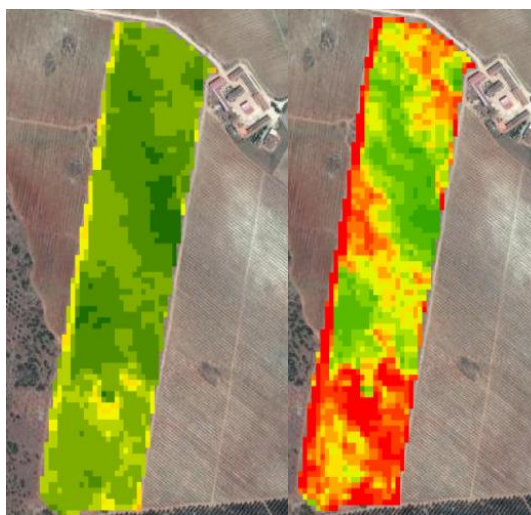


Figura 15 – (A) Exemplo de NDVI absoluto (Amarelo para valores mais baixos e Verde para valores mais altos); (B) Exemplo de NDVI relativo (Vermelho para valores mais baixos e Verde para valores mais altos).

Fonte: <http://www.agromap.agroinsider360.com>

NDWI

O NDWI é o índice de água da folha por diferença normalizada que foi proposto por Gao (1996). É um índice muito importante nos estudos do coberto vegetal, que tem como objetivos estudar as mudanças na biomassa e avaliar o stress hídrico da vegetação (Gao, 1996).

O NDWI é calculado através da razão entre a reflectância das bandas no infravermelho próximo (banda 4) e do infravermelho de ondas curtas (banda 5), que correspondem às bandas mais afetadas pelas mudanças no conteúdo de água da vegetação e estrutura da folha (no caso do IV curto) e pelo teor de matéria seca da folha (no caso do IVP).

$$NDWI = \frac{(IVP - IV \text{ CURTO})}{(IVP + IV \text{ CURTO})}$$

Tal como no NDVI os resultados do índice podem variar entre -1 (ausência de teor de água nas folhas) e 1 (existência de teor de água nas folhas), ou seja, descreve o conteúdo de água na folha. O NDWI é menos sensível aos efeitos atmosféricos do que o NDVI e deve ser considerado como um índice independente, complementar e não substituto do NDVI (Gao,1996).

Também na análise do NDWI podemos diferenciar as mesmas duas formas vistas anteriormente para o NDVI, a absoluta (Figura 16A) e a relativa (Figura 16B) pelas mesmas razões. As imagens correspondem à parcela em estudo e foram tiradas no dia 05/05/2019.

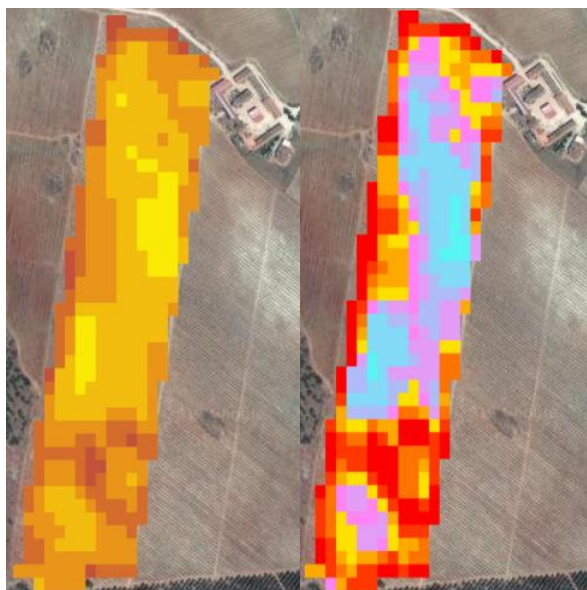


Figura 16 – (A) Exemplo de NDWI absoluto (Castanho para valores mais baixos e Amarelo para valores mais altos); (B) Exemplo de NDWI relativo (Vermelho para valores mais baixos e o Azul claro para valores mais altos). Fonte: <http://www.agromap.agroinsider360.com>

3. Materiais e Métodos

3.1. Descrição da Parcela e cultivar

O olival instalado na Herdade Torre das Figueiras, concelho de Monforte e distrito de Portalegre, possui cultivares tradicionais (Galega, Cobrançosa e Azeiteira) e cultivares exóticas (Arbequina, Arbosana, Sikitita, Koroneki,...) totalizando uma área de 343,02 ha. Estes olivais resultaram da conversão de olival tradicional em olival intensivo e em sebe.

A parcela em estudo tem 15,56 ha – a vermelho na Figura 17 – é um olival que foi plantado em 2014, com uma orientação SW-NE num compasso de 6 x 1,5 m com 1111 árvores por hectare e com um número total de 17287 árvores. Este olival é regado por sistema localizado de gota-a-gota com gotejadores com um espaçamento de 0,75 cm que debitam um caudal de 2 L/h.

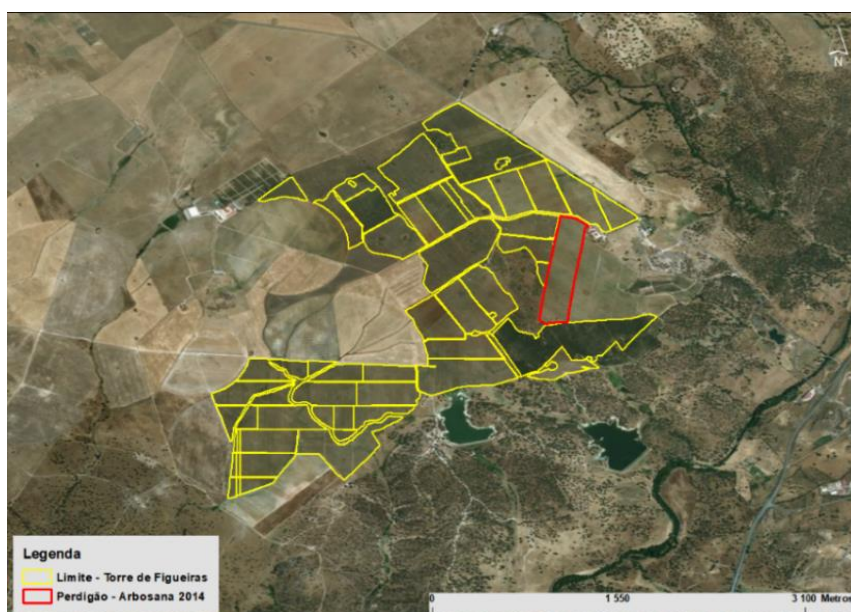


Figura 17 – Limite do olival e parcela em estudo. Fonte: <http://www.agromap.agroinsider360.com>

A variedade presente nesta parcela é a Arbosana i-43, que é originária do *Penedès* (situado entre Barcelona e Tarragona - Catalunha), provavelmente recebe o nome da população tarraconense de *l'Arboç* (www.olint.com). Esta cultivar resulta de um programa de melhoramento genético, com objetivo de plantações de alta densidade e é uma cultivar com azeitonas para azeite (Figura 18B), mas também apta para qualquer tipo de utilização gastronómica.

Descrição e características agronómicas:

Segundo a Olint (2014), a Arbosana é uma cultivar particularmente adequada para o sistema superintensivo, devido ao seu baixo vigor e limitado crescimento vegetativo, o que aumenta a densidade de plantação do olival. Segundo Rius (2015), a 'Arbosana' é uma cultivar rústica, muito produtiva, de precoce entrada em produção e pouco alternante. Tem um vigor reduzido, porte aberto e grande densidade de copa (Figura 18A), e no geral, apresenta uma alta eficiência produtiva (colheita/volume de copa). A sua época de floração é tardia, o que leva a uma época de maturação igualmente tardia (finais de dezembro-princípios de janeiro).

Tem uma alta resistência ao frio quando comparada com cultivares tradicionais, embora baixa se a comparamos com outras cultivares adaptadas ao superintensivo ('Arbequina' ou 'Sikitita'). É uma variedade que suporta bem o *Verticillium* e mosca, mas é muito sensível à tuberculose e ao encharcamento. A colheita desta azeitona é difícil devido à sua alta resistência ao desprendimento, por isso, o tempo de colheita com máquinas vindimadoras pode ser maior do que noutras variedades.

Características morfológicas da azeitona e folhas:

Fruto de cor violeta na maturação, de tamanho pequeno, esférico e ligeiramente assimétrico e com relação polpa-carço baixa. O endocarpo possui forma ovoide e simétrica, de ápice e base arredondados.

O rendimento destas azeitonas é médio, podendo atingir-se rendimentos de gordura na ordem dos 19%. Segundo a Olint (2014), o fruto tem um peso medio de 1,43 g. As folhas têm forma elíptica-lanceoladas e são curtas e estreitas.

Características e atributos sensoriais do azeite:

Segundo a Olint (2014), é um azeite extra virgem verde com um caráter forte, uma boa harmonia ao nível aromático e altos níveis de amargo, picante e adstringente.

Segundo Rius (2015), esta variedade produz azeites virgens extra, com uma cor amarelado-dourado e com reflexos verdes, aromaticamente frutados do tipo verde, com uma clara percepção de tomate maduro, onde as sensações degustativas resultam adstringente, com sabores doces, amargos e picantes de intensidade média-alta.

As propriedades do azeite refletem em elevado teor de ácido oleico (74%) e um elevado conteúdo de polifenóis e outros compostos que fazem que seja um azeite resistente à oxidação, sendo por isso considerado um azeite de categoria frutado médio.



Figura 18 – (A) Olival de alta densidade da variedade Arbosana; (B) Azeitonas da variedade Arbosana

3.2. Itinerário cultural

A parcela de olival em estudo é todos os anos regada, possui enrelvamento na entrelinha e não sofre qualquer tipo de mobilização do solo. Os tratamentos fitossanitários, fertilizações e técnicas culturais são recorrentes e as efetuadas no decorrer deste estudo podem ser observadas através do quadro 6, 7 e 8 respetivamente.

Quadro 6 – Tratamentos fitossanitários efetuados durante o ciclo vegetativo

DATA	PRODUTO	SUBSTÂNCIA ATIVA	TIPO
5/fevereiro	Montana +	Glifosato +	Herbicida
	Fuego +	Oxifluorfena +	
	Genapol	Lauril Éter Diglicol Sulfato De Sódio	
20/março	Glopper	Cobre Orgânico	Fungicida (olho-pavão)
11/junho	Judo	Lambda cialotrina	Inseticida (traça)
13/setembro	DanadimProgreso	Dimetoato	Inseticida (Mosca)

Quadro 7 – Adubações efetuadas durante o ciclo vegetativo

UNIDADES DE NUTRIENTES APLICADOS	FERTIRREGA (Kg/ha)	ADUB. SÓLIDA+FOLIAR (Kg/ha)	TOTAL (Kg/ha)
Azoto (N)	78,5	14,5	93,0
Fósforo (P)	34,4	19,5	53,9
Potássio (K)	60,2	43	103,2
Óxido de cálcio (CaO)	-	4,08	4,08
Óxido de enxofre (SO ₃)	-	26,5	26,5
Óxido de magnésio (MgO)	-	4,51	4,51
Boro (B)	-	0,2	0,2
Manganês (Mn)	-	0,001	0,001
Zinco (Zn)	-	0,001	0,001
Silício (Si)	-	0,35	0,35
TOTAL	173,1	112,6	285,7

No anexo 1 encontra-se mais detalhadamente todas as fertilizações efetuadas no período deste estudo, com as devidas datas, fertilizantes usados e as quantidades aplicadas.

Quadro 8 – técnicas culturais efetuadas durante o ciclo da cultura

DATA	TÉCNICA
11/fevereiro	Poda mecânica - saias das árvores
3/março	Corte/destróçamento das infestantes
10/maio	Corte/destróçamento das infestantes

3.3. Delimitação de zonas de gestão e de zonas de amostragem

Para estudar melhor o comportamento da parcela marcaram-se 9 pontos de amostragem divididos em 3 zonas de gestão: maior vigor, médio vigor e menor vigor por serem zonas representativas das características dominantes e demonstrarem variabilidade na parcela. Estes pontos de estudo foram marcados através do programa agromap.agroinsider360.com tendo em consideração as imagens de satélite Sentinel 2 e os índices de NDVI (Figura 19A) e NDWI (Figura 19B) relativo do

dia 2 Outubro de 2017 e são referentes a zonas onde o valor de NDVI tinha valores mais altos – Verde (1, 2 e 3), valores mais intermédios - Amarelo (4, 5 e 6) e valores mais baixos - Vermelho (7, 8 e 9).

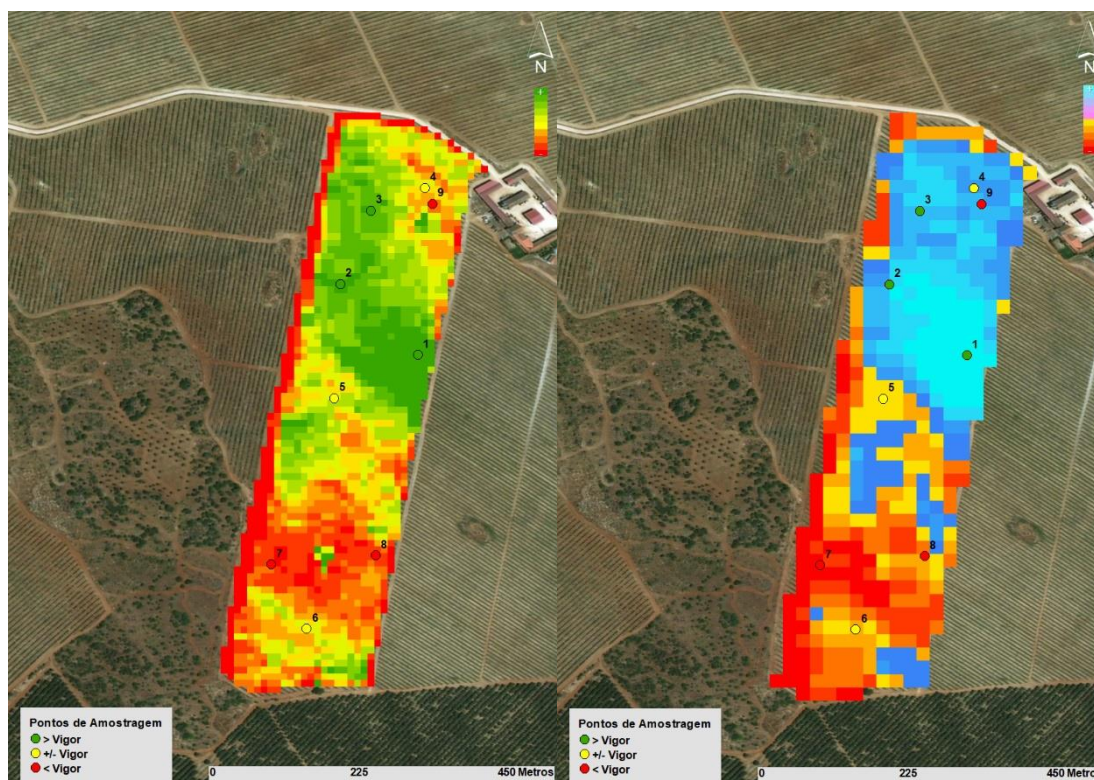


Figura 19 – (A) 9 pontos seleccionados na parcela pela leitura de imagens satélite de NDVI; (B) Pontos seleccionados na parcela pela leitura de imagens satélite de NDWI. Fonte: www.agromap.agroinsider360.com

O quadro 9 mostra a legenda e correspondência dos pontos de amostragem a 3 zonas de gestão segundo o NDVI, de modo a facilitar a sua leitura e análise.

Quadro 9 – Legenda e correspondência dos pontos de amostragem a 3 zonas de gestão, segundo os níveis de NDVI

NDVI	Classe de NDVI	Pontos de amostragem	Legenda
NDVI mais alto (verde)	0,2702-0,3398	1, 2 e 3	Z1
NDVI intermédio (amarelo)	0,2530-0,2702	4, 5 e 6	Z2
NDVI mais baixo (vermelho)	0,1384-0,2530	7, 8 e 9	Z3

No processo de estudo inicial considerou-se as 3 zonas de gestão anteriormente descritas, mas no seu decorrer verificou-se que o correto seriam 2 zonas de gestão. Desta forma, os 9 pontos de amostragem foram separados considerando o volume médio das árvores, com os pontos com volumes superiores a $6,2 \text{ m}^3$ a serem uma zona de gestão (ZA) e os pontos com volumes inferiores a $6,2 \text{ m}^3$ a serem outra zona de gestão (ZB). Assim, os pontos 1, 2, 5 e 6 serão a primeira zona de gestão com volumes $> 6,2 \text{ m}^3$ e os pontos 4, 7, 8 e 9 serão a segunda zona de gestão com volumes $< 6,2 \text{ m}^3$, como demonstra o quadro 10. O ponto de amostragem 3, apesar de representar uma zona com árvores de alto volume, passado algum tempo da contagem do vingamento apresentou uma deficiência no ramo que o impediu de se desenvolver normalmente como os restantes pontos. Detetado o problema

existente neste ponto (o fraco vingamento não se deveu a fatores fisiológicos) e visto que este influenciou negativamente os resultados do vingamento, pois criou uma variância muito grande nos mesmos, foi decidido retirar esse ponto das análises realizadas a 2 zonas de gestão.

Quadro 10 – Legenda/correspondência dos pontos de amostragem a 2 zonas de gestão, pelo volume das árvores e NDVI

Volume	Classe de volume	NDVI / Vigor	Classe de NDVI	Pontos de amostragem	Legenda
Volume mais alto	> 6,2 m ³	NDVI mais alto (verde)	0,26-0,34	1, 2, 5 e 6	ZA
Volume mais baixo	< 6,2 m ³	NDVI mais baixo (vermelho)	0,13-0,26	4, 7, 8 e 9	ZB

Pelo agromap.agroinsider360.com determinamos as respetivas coordenadas dos pontos e com recurso a um GPS, identificaram-se os locais na parcela, onde se procedeu à seleção das árvores, tendo a escolha sido feita, com base nas mais similares entre si, principalmente em volume de copa, em diâmetro do tronco e em estado sanitário. Todas as árvores selecionadas para o estudo foram marcadas com fitas vermelhas e brancas. Estes pontos serviram então de base ao estudo dos mais diversos comportamentos da cultura, tanto a nível do solo como a nível da árvore.

3.4. Características do solo do olival em estudo

O solo é um fator muito importante para qualquer cultura e por isso o conhecimento do mesmo é essencial. A parcela em estudo possui solos de textura franco-argilosa, com limitações ao nível de erosão e escorrimento superficial. Para melhor compreender o solo avaliou-se a carta de solos (Figura 20) e a carta de capacidade de uso dos solos (Figura 21) da parcela (linha azul).

Pela carta de solos pode-se afirmar que a parcela possui 2 zonas diferentes:

- 1) Scv+Vcv** (pontos de amostragem 1, 2, 3, 4, 5 e 9): solos argiluvitados pouco insaturados - solos mediterrâneos, vermelhos ou amarelos, de materiais calcários, normais, de material coluviado dos solos da família Vcv (calcários cristalinos associados a outras rochas);
- 2) Vcv+Vcv (P)** (pontos de amostragem 6, 7 e 8): solos argiluvitados pouco insaturados - solos mediterrâneos, vermelhos ou amarelos, de materiais calcários, normais, de calcários cristalinos associados a outras rochas cristalofílicas básicas e é uma zona de clara pedregosidade (P).

Pela carta de capacidade de uso dos solos percebe-se que a parcela possui 2 zonas diferentes:

- 1) Bs+Ce** (pontos de amostragem 1, 2, 3, 4, 5 e 9): solos agrícolas, com limitações moderadas, riscos de erosão no máximo moderados e suscetível de utilização agrícola moderadamente intensiva (B), e com limitações do solo na zona radicular (s) + solos com limitações acentuadas, com riscos de erosão no máximo elevados e suscetíveis de utilização agrícola pouco intensiva (C), e com limitações resultantes da erosão e escoamento superficial (e);

- 2) De+Ee** (pontos de amostragem 6, 7 e 8): são solos com limitações severas, com riscos de erosão no máximo elevados a muito elevados, não suscetível a uso agrícola (salvo casos muito especiais) e com poucas ou moderadas limitações para pastagens, exploração de matos e exploração florestal (D),

e com limitações resultantes da erosão e escoamento superficial (e) + solos com limitações muito severas, com riscos de erosão muito elevados, não suscetíveis de utilização agrícola ou servindo apenas para vegetação natural, floresta de proteção ou de recuperação ou não suscetível de qualquer utilização (E), com limitações resultantes da erosão e escoamento superficial (e).

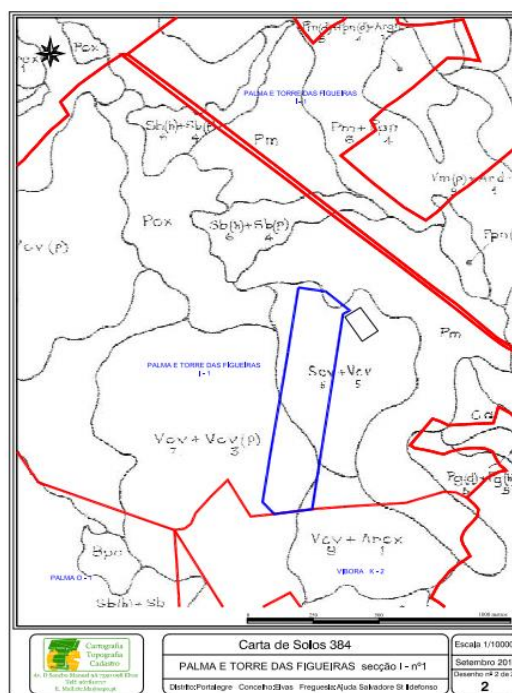


Figura 20 – Carta de solos onde se insere a parcela em estudo. Fonte: Gentilmente cedida pela Cartografia, topografia e cadastro Ida - CTC (2019)

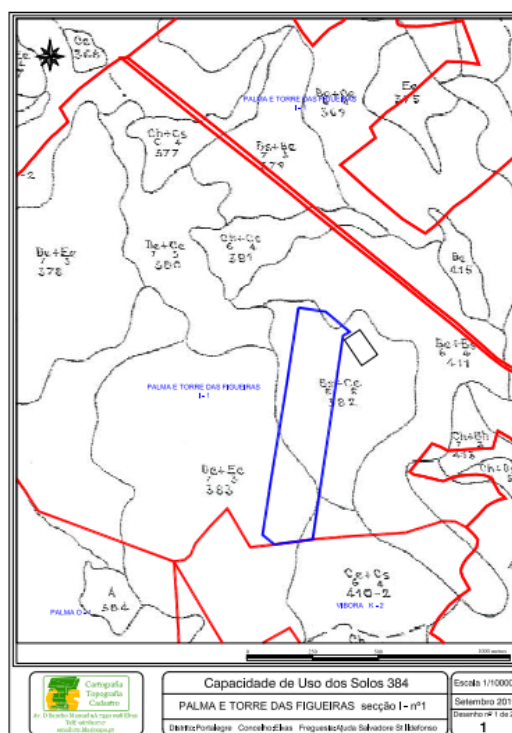


Figura 21 – Capacidade de uso dos solos da parcela em estudo. Fonte: Gentilmente cedida pela Cartografia, topografia e cadastro Ida – CTC (2019)

3.4.1. Método de recolha de amostras de solo e análises de solo

Data: 15 de fevereiro 2019

Materiais: Pá, barrena (sonda de recolha de solo), balde de plástico, saco de plástico limpo com etiqueta incluída, ficha informativa da amostra.

Para realizar análises ao solo da parcela em estudo escolheram-se os 9 pontos pré-selecionados e georreferenciados para recolha de amostras. As análises realizaram-se tanto na linha como na entrelinha e tiveram como objetivo conhecer o estado de fertilidade do solo, bem como perceber se existe diferenças entre a linha e a entrelinha. Em cada um dos 9 pontos (↓) pré-selecionados foram feitas 2 amostragens uma na linha e outra na entrelinha, onde foram retiradas 5 subamostras na linha (✕) e 5 subamostras na entrelinha (✕). O processo de amostragem está indicado na figura 22.

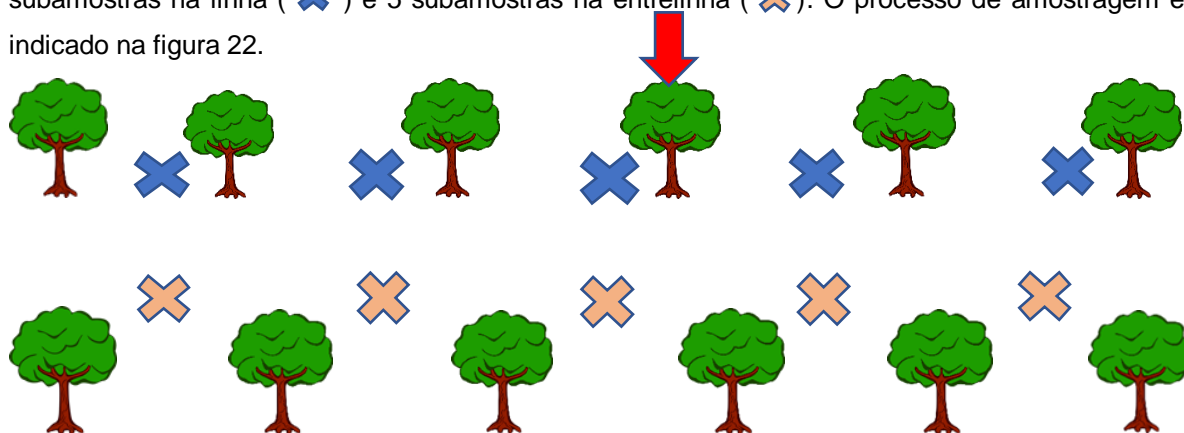


Figura 22 – Diagrama explicativo da forma como foram efetuadas a recolha de amostras de solo

Foram escolhidas zonas de recolha de solo que apresentassem alguma humidade e com uma profundidade de colheita de solo de 40 cm embora em alguns locais não foi possível ir além dos 30 cm pela existência de muitas pedras no local. À medida que foram colhidas as 5 subamostras de terra da linha (figura 23A e 23B), foram colocadas no balde de plástico (figura 23C) para serem misturadas e para se retirar algumas pedras, detritos e restos vegetais que possam existir. Após essa mistura foi retirado do balde para o saco de plástico 0,5 kg de terra (figura 23D) devidamente identificado e que posteriormente seguiu para laboratório para ser analisado. O processo repetiu-se para as amostragens da entrelinha. Esta metodologia foi feita em cada um dos 9 pontos e por isso no total realizamos 18 amostras, onde 9 foram na linha e as outras 9 na entrelinha.



Fig. 23 – (A) e (B) Colheita das subamostras de terra com auxílio da barrena; (C) subamostras de terra colocadas no balde; (D) subamostras de terra colocadas posteriormente no saco de plástico.

Foi necessário também preencher uma ficha da amostra que informa o local, a data, nome do realizador da amostra, a cultura, a cultivar e código de identificação da amostra. As amostras seguiram para laboratório (AGQ *Labs-Espanha*) com o objetivo de avaliar os parâmetros de fertilidade física, fertilidade nutricional, os microelementos e o complexo de troca catiónica. No tratamento dos dados estes foram divididos em macronutrientes (azoto, fósforo, potássio, potássio de troca, cálcio e magnésio), micronutrientes (boro, cobre, ferro, manganês, zinco e bases de troca) e características físicas e químicas do solo (Areia, argila, limo, condutividade elétrica, capacidade de troca catiónica, cal, matéria orgânica e pH).

Os métodos utilizados pelo laboratório (AGQ *Labs-Espanha*) na quantificação da fertilidade nutricional foram no caso do azoto o dumas, para o fósforo o método *Olsen*, o pH pelo método *Extrac* 1/2.5, condutividade elétrica o *Extrac* 1/5, a matéria orgânica foi quantificada pelo método de combustão e a cal ativa pelo método oxalato de amoníaco. Para os microelementos utilizou-se o método de extração aquosa para quantificar o boro e nos restantes (ferro, manganês, cobre e zinco) foi usado o método DTPA (absorção atômica). Na quantificação do complexo de troca catiónica usou-se exclusivamente o método Ac NH₄.

3.5. Características climáticas

3.5.1. Características climáticas da região

O clima da região caracteriza-se como sendo um clima mediterrânico, por ter um inverno suave que coincide com a estação húmida e um verão quente, praticamente sem chuva, que é a estação seca (Cordeiro, 2014 citando Lossert e Brousse, 1980). De acordo com a classificação de Koppen (Figura 24), a região insere-se no tipo climático Csa, clima mediterrânico temperado húmido, com verão seco e quente: “verão seco e quente normalmente designado por clima mediterrânico; inverno ameno com precipitação, insolação forte durante o ano. (...) Temperaturas médias típicas no inverno de 4,5-10°C, e no verão, 21-27°C, de precipitação média de 38-64cm (...)”.

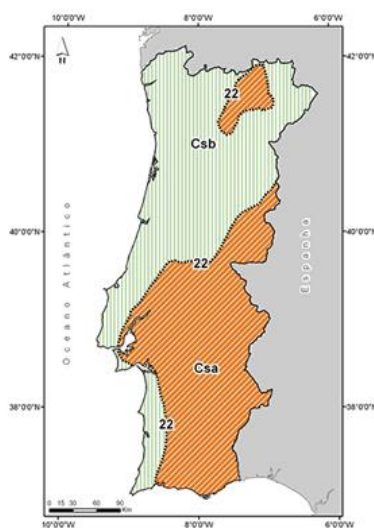


Figura 24 - Clima de Portugal continental, segundo a classificação de Koppen

3.5.2. Dados climáticos verificados no decorrer do estudo

Para melhor compreender como se comportou o clima junto da parcela recorreu-se à estação meteorológica existente na Herdade Torre das Figueiras para se poder ter uma noção mais realista de como se comportou o clima muito perto da parcela em estudo. A figura 25 ilustra a precipitação (em mm) mensal, desde janeiro até julho e a figura 26 mostra a distribuição de chuva por dia no mês de abril, o mês mais chuvoso. No total de janeiro a julho choveram 214,8 mm, sendo que o mês de abril contribuiu com 94,2 mm tornando-se o mais chuvoso neste período. No dia 24 de abril choveram 24,2 mm de água declarando-se o dia com maior precipitação nestes primeiros 7 meses do ano.

No Anexo 2 está descrito mais pormenorizadamente a precipitação neste período.

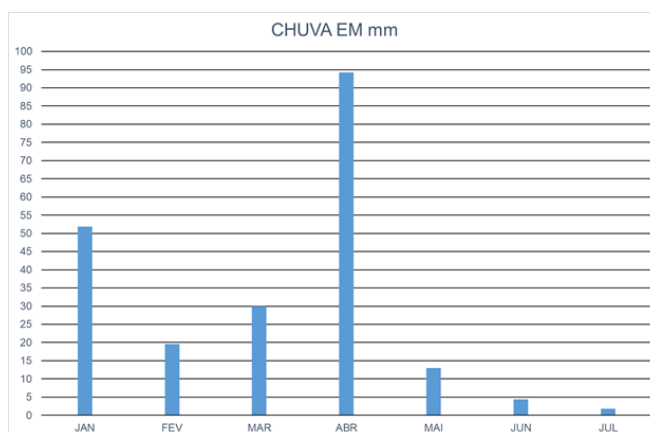


Figura 25 - Precipitação (em mm) mensal, desde o dia 1 janeiro até dia 31 julho de 2019 na Herdade Torre das Figueiras

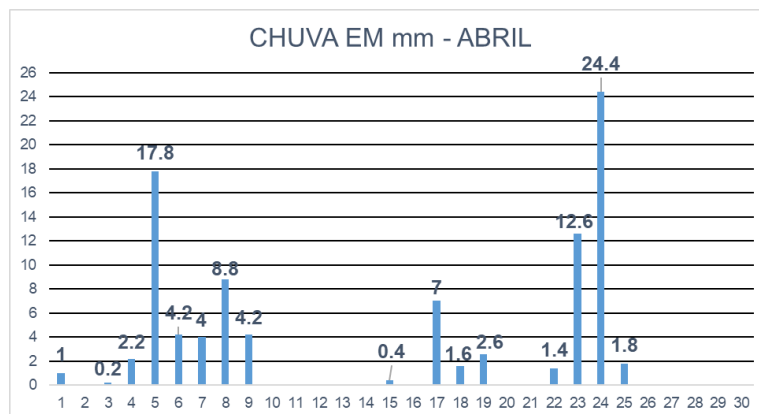


Figura 26 – Distribuição da chuva por dia em abril, o mês mais chuvoso, na Herdade Torre das Figueiras

A figura 27 mostra a distribuição da temperatura média do ar mensal (em °C), desde janeiro até julho. De janeiro a julho tivemos um total de calor acumulado de 3312,7 °C, sendo o mês de julho o mais caloroso com um total de 723,7°C acumulados. No anexo 2 está descrito a temperatura diária ao longo destes meses.

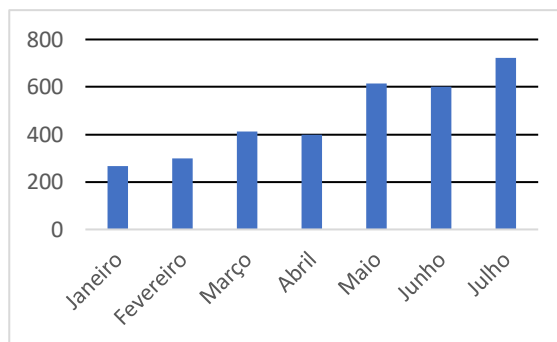


Figura 27 – Somatório de graus/dias por mês

O quadro 11 e a figura 28 mostram como se comportaram as temperaturas mínimas, máximas e médias do ar ao longo dos meses em estudo, bem como as suas médias.

Quadro 11 – Médias das temperaturas mínimas, máximas e médias do ar de janeiro-julho

Meses	Média das Temperaturas do Ar		
	Min.	Méd.	Máx
Janeiro	4,12	8,58	14,33
Fevereiro	5,32	10,65	16,82
Março	7,09	13,27	19,86
Abril	7,94	13,27	19,34
Maio	12,23	19,79	27,26
Junho	12,57	20,07	27,58
Julho	15,69	23,35	32,19
MÉDIA	9,28	15,57	22,48

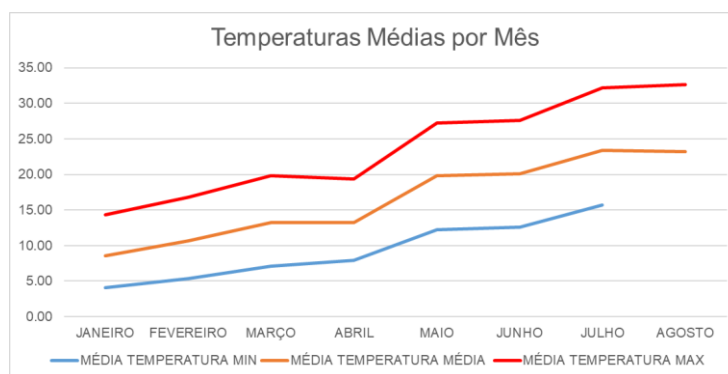


Figura 28 - Médias das temperaturas mínimas, máximas e médias do Ar ao longo dos meses em estudo

3.6. Método de recolha de amostras de folhas e análises foliares

Data: 15 Fevereiro 2019.

Material: Saco de papel limpo com etiqueta incluída.

Para realizar as análises foliares foram escolhidas-se os mesmos 9 pontos onde foram feitas as análises de solo. Foram retiradas folhas inteiras no terço médio dos lançamentos da primavera do

ano anterior (Figura 29A) de 5 árvores, seguidas, em cada um dos 9 pontos, sendo este um método mais utilizado em sistemas intensivos do que superintensivos. Na escolha das folhas a retirar desprezou-se as folhas com defeito (Figura 29B).



Figura 29 – (A) Recolha de folhas inteiras no terço médio da árvore; (B) Folhas sem qualquer defeito

Como mostra a figura 30, retiraram-se 2 folhas por cada quadrante (norte, sul, este e oeste), num total de 8 folhas/árvore e em cada uma das 5 árvores perfazendo assim um total de 40 folhas/amostra.

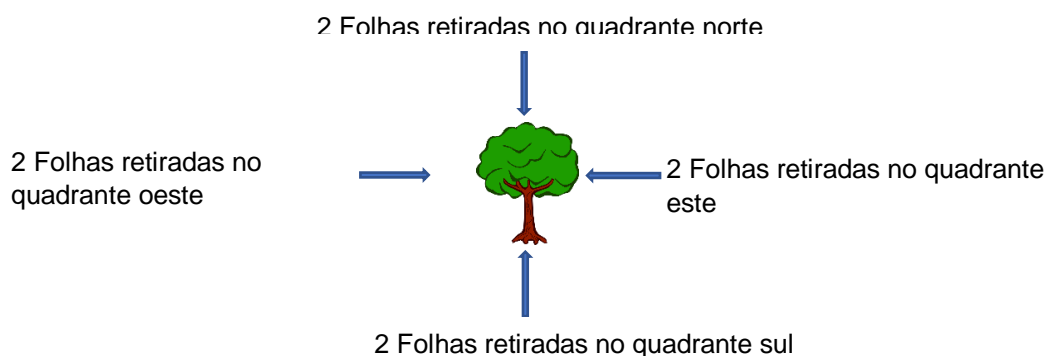


Figura 30 – Diagrama explicativo da forma como foram efetuadas a recolha de amostras de folhas

Assim que retiradas as folhas das árvores elas foram acondicionadas num saco de papel devidamente identificado com a data, local, cultura, variedade e código de identificação, que seguiu num local fresco até chegar ao laboratório onde se realizam as análises. As amostras seguiram para laboratório (AGQ Labs-Espanha) com o objetivo de avaliar os macronutrientes, os micronutrientes e os elementos fitotóxicos. No tratamento dos dados estes foram divididos em macronutrientes (azoto, cálcio, potássio, magnésio, fósforo, enxofre), micronutrientes (boro, cobre, ferro, manganês e zinco) e elementos fitotóxicos (cloretos e sódio). As técnicas utilizadas para quantificar os elementos anteriores foram o *Espect ICP-OES* para todos exceto no caso do azoto que se utilizou a técnica “anal. Elemental” e dos cloretos que se utilizou a técnica “Analiz. Fluxo segmentado”.

3.7. Biometria das árvores – Altura, Largura, Comprimento e Diâmetro

Data: 19 Fevereiro 2019

Nos 9 pontos da parcela, escolheram-se as mesmas 5 árvores em que foram feitas as análises de solo e foliares e foram feitas 3 medições ao nível da árvore, em cada uma delas, e com o auxílio de

uma régua telescópica foi medido a altura (Figura 31A), a largura (Figura 31B) e o comprimento da sebe (Figura 31C).



Figura 31 – (A) Medição da altura da árvore; (B) Medição da largura da árvore; (C) Medição do comprimento da sebe.

Nas mesmas árvores foi feita também a medição ao nível do tronco, a 30 cm de altura, com o auxílio de um peclise. Foi medido o diâmetro longitudinal do tronco (Figura 32A) e o diâmetro transversal do tronco (Figura 32B).



Figura 32 – (A) Medição diâmetro longitudinal do tronco; (B) Medição diâmetro transversal do tronco.

As medições ao nível da árvore tiveram como objetivo avaliar os parâmetros altura, comprimento, largura, volume e área. O volume e a área foram calculados pelas seguintes fórmulas:

$$A (m^2) = \pi * r(\text{diâmetro})^2$$

$$\text{Volume (m}^3\text{)} = \text{altura} \times \text{comprimento} \times \text{largura}$$

3.8. Acompanhamento dos estados fenológicos

Data inicial: 27 março, acompanhamento 1 vez por semana.

Os estados fenológicos do ciclo vegetativo e reprodutivo da oliveira são descritos através de diferentes escalas. A escala utilizada neste estudo foi a mais recente e mais completa que é a descrita por Sanz-Cortés et al. (2002). Esta é uma escala BBCH (*Biologische Bundesanstalt Chemische Industrie*) adaptada à oliveira, que é oficialmente aceite pela EPPO (*European Plant Protection Organization*).

É uma escala decimal de 2 dígitos, sendo o primeiro referente ao estado principal de crescimento (ex: “floração”) e o segundo ao estado secundário (ex: “primeiras flores abertas”). O quadro

12 descreve os principais estados fenológicos segundo a escala BBCH da oliveira. A ilustração dos estados fenológicos desta escala encontra-se no Anexo 4.

Quadro 12 - Principais estados fenológicos segundo a escala BBCH da oliveira. Fonte: adaptado do Sanz-Cortez et al. (2002)

ESTADO FENOLOGICO	ESTADO	DESCRIÇÃO
Desenvolvimento dos lançamentos (3)	33	Os rebentos atingem 30% do seu comprimento final.
Emergência da inflorescência (5)	53	As gemas florais abrem-se e começa o desenvolvimento das flores
	55	O cacho floral está completamente desenvolvido
	57	A corola fica verde e mais longa que o cálice
Floração (6)	60	Abertura das primeiras flores
	65	Corresponde à plena floração
	68	Quando a maioria das pétalas caiu ou estão manchadas
Desenvolvimento dos frutos (7)	71	Frutos com 10% do seu tamanho final
	79	Frutos com 90% do seu tamanho final
Grau de maturidade do fruto (8)	81	Princípio da coloração do fruto
	89	Frutos já têm cor típica da cultivar
Senescência (9)	92	Maturação dos frutos, que perdem a sua turgidez e começam a cair.

Ao longo do ciclo vegetativo da oliveira (março a julho) efetuaram-se os registos dos estados fenológicos da cultura com o objetivo de observar e retirar conclusões acerca de como se comporta esta cultivar e como a fenologia está relacionada e influencia os restantes aspetos relacionados com a maturidade da oliveira. Como a árvore não tem o mesmo número de horas de exposição solar em toda a sebe, devido à sua orientação, foi feito o acompanhamento nos dois lados diferentes da árvore, o lado NE e SW para avaliar a influência da luz no desenvolvimento da árvore e do fruto.

Em cada data de observação registou-se do lado esquerdo de um retângulo o estado fenológico mais atrasado, no meio o estado fenológico dominante e no lado direito o estado fenológico observado mais adiantado (figura 33), de acordo com Barranco et al. (1994).

Estado mais atrasado	Estado dominante	Estado mais adiantado
----------------------	------------------	-----------------------

Figura 33 - Anotação das observações dos estados fenológicos nas diversas datas. Fonte: Barranco et al. (1994)

O acompanhamento da cultura iniciou-se no dia 27 de março, quando a árvore já se apresentava no estado fenológico BBCH 33 (figura 34A). A figura 34B representa o estado fenológico 65 que corresponde à plena floração.



Figura 34 – (A) Estado fenológico BBCH 33; (B) Estado fenológico BBCH 65

3.8.1. Metodologia na determinação das necessidades térmicas e duração térmica da fase de floração

Na determinação da duração da fase de floração (DuF) e caracterização da mesma, utilizou-se o conceito proposto por Barranco et al. (1994), posteriormente citado por Cordeiro & Martins (2002), representado nos quadros 13 e 14.

Para este estudo determinou-se a data de início e fim de floração, início e fim da plena floração. As datas obtidas permitiram traçar a matriz para determinação da data média (PF), duração da plena floração (DuPF) e duração do período de floração (DuF). Os estados fenológicos estão descritos no anexo 5.

Quadro 13 – Determinação da data de início e fim de floração e das datas de início e fim da plena floração, proposto por Barranco et al. (1994)

Método do triângulo < BBCH X BBCH D X > BBCH			
Início floração (IF)	Início da plena floração (IPF)	Final da plena floração (FiPF)	Fim da floração (FiF)
Primeira vez que é observado o estado 60 como o mais avançado	Primeira vez que é observado o estado 61 como o dominante	Última vez que é observado o estado 65 como o dominante	Primeira vez que é observado o estado 68 como dominante
XX-XX-60	XX-61-XX	XX-65-XX	XX-68-XX

Quadro 14 – Determinação da média da data da plena floração, duração da plena floração e duração da fase de floração, proposto por Barranco et al. (1994)

Média Plena Floração (PF)	Duração Plena Floração (DuPF)	Duração da Floração (DuF)
Média das datas entre o início e a data final da plena floração	Período decorrido entre a data de início e a data de fim da plena floração	Período decorrido entre a data de início e a data de fim da floração
PF= Média datas (IPF...FiPF)	DuPF= espaço temporal entre IPF e FiPF	DF= espaço entre temporal IF e FiF

3.9. Contagem das inflorescências e do vingamento

Data: 18/04/2019 marcação das inflorescências; 12/06/2019 contagem do vingamento inicial; 31/07/2019 contagem do vingamento final.

De modo a analisar o vingamento da cultivar Arbosana, nos 9 pontos em estudo, marcaram-se 2 ramos (1 lado NE e 1 lado SW) em 5 árvores e tendo em conta um número mínimo de 20 inflorescências por ramo, com uma fita vermelha e branca (figura 35). Assim foram marcados 10 ramos e 200 inflorescências em cada um dos 9 pontos em estudo.



Figura 35 – Marcação de 20 inflorescências num ramo.

Os ramos permaneceram marcados e após o início do vingamento fizeram-se duas contagens dos frutos vingados uma inicial tendo o processo sido efetuado no estado fenológico 71 da escala BBCH, quando os frutos atingiram 10% do tamanho final e uma contagem final no estado fenológico 75 da escala BBCH, fase em que os frutos atingiram 50% do tamanho final.

Através dos índices de NDVI disponibilizados no site agromap.agroinsider360.com foi realizado um estudo com imagens que relacionaram os vingamentos com as zonas de maior ou menor vigor. O vingamento foi avaliado pela percentagem de inflorescências com pelo menos 1 fruto e também pelo número de frutos médios por inflorescência (Cordeiro, comunicação pessoal, 2019).

3.10. Gestão de rega: Sonda de humidade de solo

A gestão da rega desta parcela foi efetuada nos primeiros 5 meses (janeiro-maio) dependente das previsões meteorológicas existentes, e também pela experiência do gestor agrícola de anos anteriores. A partir de 1 junho 2019 e com a instalação de uma sonda de humidade do solo (figura 36), junto ao bloco 4-A, por ser uma zona com um índice de NDVI intermédio, a rega passou a ser efetuada com recurso às leituras das sondas e dependente dos valores de humidade de solo existentes, com o objetivo de tornar a rega o mais eficiente possível nos meses de maiores exigências em água. Como a água é o fator limitante desta exploração, este olival foi sempre gerido através da estratégia de rega deficitária de baixa frequência.

As sondas utilizadas para medir a humidade do solo nesta parcela pertencem à empresa da *Hidrosoph* e são sondas que criam uma corrente elétrica que permitem medir a resistência. Quanto

maior for a resistência registrada, menor a eletricidade e menor a quantidade de água no solo. As sondas da *Hidrosoph* utilizadas na parcela em estudo, utilizam tecnologia inovadora - *Irristrat*TM - que é uma Plataforma de gestão de rega inteligente que obtém e processa em tempo-real dados da cultura, meteorológicos e da humidade do solo, garantindo assim a estratégia de rega com o mínimo de desperdício de água e a obtenção dos objetivos da campanha, quer quantitativos quer qualitativos. Esta plataforma gera o balanço hídrico do solo, o plano de rega e o calendário das regas recomendadas.



Figura 36 – Sonda de humidade de solo da empresa Hidrosoph

3.11. Produção e rendimento em azeite

Data:06/10/2019

Material: Varejadores mecânicos, panos de recolha de azeitona e máquina Oliva;

Como a produtividade é o fator mais importante na tomada de decisão e também para se analisar este fator nos diferentes pontos de estudo efetuou-se a colheita dos pontos de amostragem. A colheita foi realizada com o auxílio de varejadores mecânicos (figura 37), para ajudar ao desprendimento dos frutos, e panos para recolher e armazenar a azeitona.



Figura 37 – Colheita da azeitona

Após a colheita realizou-se a pesagem da azeitona de cada ponto no seu total e também a pesagem de 100 frutos, retirados aleatoriamente. Por fim preparou-se as amostras para análise do rendimento em azeite (figura 38A) e através da máquina Oliva avaliou-se o rendimento em azeite, a gordura do azeite, a humidade do azeite e gordura em matéria seca (figura 38B).



Figura 38 – (A) Preparação das amostras para análise do rendimento em azeite; (B) Análise das características do azeite através da máquina Oliva

3.12. Tratamento estatístico dos dados

Depois de verificados os pressupostos de normalidade dos dados e de homogeneidade das variâncias, através dos testes *Shapiro-Wilk* e *Levene*, respetivamente, os dados foram sujeitos a uma ANOVA a um fator (NDVI), com 3 níveis ou zona de gestão com 2 níveis. Por serem dados de campo considerou-se no caso das análises foliares e do vingamento um valor de P de 0,1. Realizou-se a comparação múltipla de médias com o teste de *Tukey* ($\alpha=0,05$) ou ($\alpha=0,1$). O programa usado foi o *Statistix 9* (*Analytical Software, Tallahassee, Florida*).

4 Resultados e Discussão

4.1. Características físicas, químicas e nutritivas do olival

4.1.1. Resultados descritivos das análises de solo.

Inicialmente realizou-se um teste para ver se existe diferenças entre o solo da linha (junto à árvore) e o da entrelinha (zona do enrelvamento) e depois efetuou-se o estudo do seu comportamento junto da árvore, onde é mais importante a presença dos nutrientes, para um melhor desenvolvimento da árvore e uma melhor produtividade.

4.1.1.1 Diferenças entre a linha e entrelinha

No estudo das diferenças entre a linha e a entrelinha analisou-se o teor dos macronutrientes (quadro 15), micronutrientes (quadro 16) e das características físicas e químicas do solo (quadro 17).

Em relação aos macronutrientes podemos constatar que apenas há diferenças estatisticamente significativas ($P < 0,05$) no azoto e fósforo. Os restantes macronutrientes não têm diferenças significativas entre os dois locais, e exceto o magnésio, todos apresentam valores baixos.

No que toca aos micronutrientes, existiram diferenças estatisticamente significativas ($P < 0,05$) no caso do cobre e do zinco, onde os valores médios na linha foram bastantes superiores do que na entrelinha. Os restantes micronutrientes têm valores mais próximos entre si nos dois locais e todos eles estão a um nível normal-alto no solo.

Em suma, em relação aos macro e micronutrientes, quando existiram diferenças entre os dois locais, os teores de nutrientes foram sempre superiores na linha (junto à árvore), o que era o esperado pelo facto de existir fertirrega regular desde a instalação do olival e com isso maior incorporação de nutrientes nesse local. Contudo, nos casos do azoto e do zinco estes valores são considerados muito baixos ($< 1000 \text{ mg/Kg}$) e ($< 1 \text{ mg/Kg}$), respetivamente, pelo que a eficiência de aplicação e fixação destes nutrientes poderá não ser a melhor. No caso do fósforo e cobre estes apresentam valores médios ($20 < \text{mg/Kg} < 40$) e altos ($> 1 \text{ mg/Kg}$), possivelmente derivados de o solo reter melhor estes nutrientes e pelas menores exigências do olival principalmente de fósforo.

Quadro 15 - Teores de macronutrientes na linha e entrelinha.

MACRONUTRIENTES	N		P		K	K troca	Ca	Mg
LOCAL			mg/Kg			meq/100 g		
LINHA	946,1	A	29,5	A	18,7	0,4	0,4	2,3
ENTRELINHA	765,7	B	16,9	B	28,7	0,3	0,5	2,6
EPM	50,57		4,81		7,24	0,05	0,35	0,98
P (ANOVA)	0,004		0,023		0,19	0,211	0,749	0,788
N= 9 obs por linha e 9 obs por entrelinha								
Intervalo (Nulo-Baixo-Alto)	0-1000- 1500		0-20-40		0-20-40	0-0.5-0.8	0-8-14	0-1.5-2.5
Teste de comparação múltipla de médias de Tukey para $\alpha=0.05$, letras diferentes em coluna indicam valores estatisticamente diferentes, EPM – Erro padrão da média, P – probabilidade. Intervalo (nulo-baixo-alto) valores descritos nos boletins das análises								

Quadro 16 – Teores de micronutrientes na linha e entrelinha.

MICRONUTRIENTES LOCAL	B	Cu	Fe	Mn	Zn	BASES TROCA		
	mg/Kg					meq/100 g		
LINHA	0,6	11,0	A	25,1	13,5	0,6	A	14,3
ENTRELINHA	1,4	5,7	B	24,5	15,4	0,3	B	15,1
EPM	0,91	1,58		4,18	3,21	0,10		4,14
P (ANOVA)	0,354	0,006		0,894	0,558	0,031		0,847
N= 9 obs por linha e 9 obs por entrelinha								
Intervalo (Zero-Baixo-Alto)	0-0.6-1	0-0.4-1		0-4-10	0-1-5	0-1-2		-
Teste de comparação múltipla de médias de Tukey para α=0.05, letras diferentes em coluna indicam valores estatisticamente diferentes, EPM – Erro padrão da média, P– probabilidade. Intervalo (nulo-baixo-alto) valores descritos nos boletins das análises								

Nas características físicas e químicas do solo, quadro 17, existiram diferenças estatisticamente significativas ($P<0,05$) na argila e na matéria orgânica (MO), onde os valores médios na linha foram significativamente superiores em relação à entrelinha.

Em relação à matéria orgânica, os valores superiores na linha foram surpreendentes uma vez que junto aos gotejadores há maiores taxas de mineralização da MO, as condições são ideais para o desenvolvimento de microrganismos, e também porque a entrelinha é revestida por enrelvamento o que melhora a estrutura do solo e aumenta o seu conteúdo em MO. No ensaio realizado por Gómez et al. (2009), na Andaluzia, verificou-se que na parcela com enrelvamento o teor de matéria orgânica do solo foi de 2% enquanto na parcela com mobilização e não mobilização com aplicação de herbicida foi de 1,4% e 1,0%, respectivamente. Os maiores valores de MO na linha só poderão ser explicados pela sua aplicação nessa zona ou então pelos maiores valores de azoto existentes na linha quando comparado com a entrelinha.

As maiores quantidades de argila na linha conferem-lhe melhor estrutura e com isso maior retenção de nutrientes podendo ser esta mais uma das razões para que no geral a zona da linha apresente maiores quantidades de nutrientes em comparação com a entrelinha.

Quadro 17 – Teores e características físicas e químicas do solo

CARACTERÍSTICAS DO SOLO	AREIA ARGILA LIMO MO %						CE (Us/cm a 20°C)	CTC (meq/100g)	CAL (% CaCO3)	PH
LINHA	14,1	25,5	A	60,4	1,7	A	117,1	21,7	0,4	7,0
ENTRELINHA	18,9	21,2	B	59,9	1,3	B	101,5	22,5	0,5	7,0
EPM	2,52	1,66		2,43	0,09		27,41	3,58	0,35	0,25
P (ANOVA)	0,077	0,023		0,823	0		0,581	0,836	0,749	0,877
N= 9 observações por linha e 9 por entrelinha										
Intervalo (Zero-Baixo-Alto)	-	-		-	0-1.2-2		0-200-400	0-10-20	0-1.5-4	0-6.5-7.5
Teste de comparação múltipla de médias de Tukey para α=0.05, letras diferentes em coluna indicam valores estaticamente diferentes, EPM – Erro padrão da média, P – probabilidade. Intervalo (nulo-baixo-alto) valores descritos nos boletins das análises										

4.1.2.2. Diferenças na linha

Em relação ao estudo das análises de solo efetuadas junto à árvore, analisamos o teor dos macronutrientes (quadro 18) e as características físicas e químicas do solo (quadro 19), nas 3 zonas de índice de NDVI (Z1, Z2 e Z3). A análise do teor dos micronutrientes não apresentou diferenças significativas ($P>0,05$) nas 3 zonas mas pode ser vista no anexo 1.

Ao nível dos macronutrientes, existiram diferenças estatisticamente significativas ($P<0,05$) da zona Z1 e Z2 para a Z3 no caso do azoto e da zona Z1 para Z2 e Z3 no potássio de troca. A zona Z1 apresentou teores considerados médios de azoto e potássio de troca que são bastante superiores à zona Z2 e Z3 que têm teores baixos no solo. As diferenças de azoto existentes podem refletir:

-Os diferentes índices de NDVI, uma vez que o azoto é um dos elementos de maior importância na estrutura e síntese da clorofila das folhas, podendo-se comprovar que há tendência para que as zonas com maiores índices de NDVI correspondam a valores mais altos de azoto;

-As diferenças de crescimento vegetativo das plantas, uma vez que os pontos de amostragem das zonas Z1 (mais quantidade de azoto) correspondem a árvores com maior crescimento vegetativo, mais folhas, maior biomassa e folhas com cor verde “mais intensa” em comparação com as árvores dos pontos de zonas Z2 e Z3 que apresentam árvores com menor crescimento e folhas com cor verde “menos intensa”, como foi observado visualmente.

As diferenças entre as 3 zonas ao nível do potássio de troca podem refletir:

-Que sendo o potássio um elemento móvel no solo, as diferenças podem estar relacionadas com a capacidade de fixação e extração, por parte da oliveira às fertilizações que foram feitas, onde as árvores das zonas com NDVI a verde (Z1) parecem ter maior capacidade para fixar os nutrientes.

Quadro 18 – Teores de macronutrientes na linha

MACRONUTRIENTES	N		P	K	K troca	Ca		Mg
NDVI	Mg/Kg				meq/100 g			
Z1	1115,7	A	40,2	28,4	0,6	A	11,9	1,4
Z2	922,7	AB	25,3	13,3	0,3	B	11,4	2,5
Z3	800	B	23,0	14,4	0,2	B	11,4	3,1
EPM	69,15		10,04	8,07	0,08		4,92	1,01
P (ANOVA)	0,011		0,255	0,195	0,007		0,99	0,283
N= 3 observações por NDVI								
Intervalo (Zero-Baixo-Alto)	0-1000- 1500		0-20-40	0-20-40	0-0.5-0.8		0-8-14	0-1.5-2.5
Teste de comparação múltipla de médias de Tukey para $\alpha=0.05$, letras diferentes em coluna indicam valores estatisticamente diferentes, EPM – Erro padrão da média, P – probabilidade. Intervalo (nulo-baixo-alto) valores descritos nos boletins das análises								

Ao nível das características físicas e químicas do solo (quadro 19) verificaram-se diferenças estatisticamente significativa ($P<0,05$) na matéria orgânica da zona Z1 para a Z2 e Z3, que embora não tenha teores preocupantes nas várias zonas, este foi muito superior nos blocos das zona Z1. Estes valores podem dever-se às diferenças de azoto que existem nas diferentes zonas.

Quadro 19 - Características físicas e químicas do solo

CARACTERÍSTICAS DO SOLO	AREIA	ARGILA	LIMO	MO		CE (Us/cm a 20°C)	CTC (meq/100 g)	CAL (% CaCO ₃)	PH
NDVI	%								
Z1	18,7	23,8	57,6	2,1	A	82,3	18,5	0,5	7,2
Z2	11,0	26,8	62,2	1,7	B	131,3	23,3	0,3	7,0
Z3	12,5	26,0	61,5	1,4	B	137,7	23,4	0,4	6,7
EPM	5,49	2,95	3,83	0,12		39,91	4,65	0,59	0,48
P (ANOVA)	0,394	0,591	0,476	0,004		0,377	0,528	0,941	0,676
N= 3 observações por NDVI									
Intervalo (Zero-Baixo-Alto)	-	-	-	0-1,2- 2		0-200-400	0-10-20	0-1,5-4	0-6,5- 7,5
Teste de comparação múltipla de médias de Tukey para $\alpha=0.05$, letras diferentes em coluna indicam valores estaticamente diferentes, EPM – Erro padrão da média, P – probabilidade. Intervalo (nulo-baixo-alto) valores descritos nos boletins das análises									

Estes resultados no geral demonstraram que existem várias diferenças no estado nutritivo do solo ao longo da parcela. Para além dos motivos anteriormente apresentados, este facto pode ser também justificado pela variabilidade existente a nível da capacidade de uso de solo da parcela, em que o ponto de amostragem da zona Z2 (6) e os pontos da zona Z3 (7 e 8) estão inseridos em solos pouco suscetíveis de utilização agrícola e com limitações severas de erosão e de escoamento superficial (De+Ee). As limitações de escoamento superficial podem explicar a maior dificuldade de fixar e extrair nutrientes e com isso piorar o estado nutritivo do solo destes pontos e a fraca aptidão poderá influenciar principalmente a sua produtividade final. Ao invés, os pontos de amostragem da zona Z1 (1, 2 e 3), Z2 (4 e 5) e Z3 (9) estão inseridos em solos considerados agrícolas e com limitações moderadas (Bs+Ce) o que permite melhores condições de desenvolvimento e nutrição do solo.

4.1.3. Resultados das análises foliares

Em relação ao estudo das análises de folhas, considerou-se um nível de significância ($P<0,1$), na análise dos macronutrientes (quadro 20) e dos micronutrientes (quadro 21), nas 3 zonas de NDVI (Z1, Z2 e Z3). Como se pode ver no quadro 20, houve apenas diferenças estatisticamente significativas ($P<0,1$) no azoto, potássio e cálcio. Nas zonas Z1, corresponderam teores de azoto e cálcio com valor alto ($\geq 2\%$) em relação às zonas Z2 e Z3 que apresentaram teores considerados baixos ($1.5 \geq \% \leq 2$). Em relação ao potássio, as zonas Z1 e Z2 diferiram da zona Z3, uma vez que esta última já possui valores no intervalo inferior ao que é considerado baixo ($\leq 0.8\%$), embora as zonas Z1 e Z2 não tenham apresentado teores muito superiores.

O azoto é um dos elementos de maior importância na estrutura e síntese da clorofila das folhas pelo que seria de esperar que os pontos que se encontram nas zonas de índice de NDVI Z1 apresentem maiores teores de azoto.

O potássio está em quantidades consideradas baixas o que pode reduzir o crescimento vegetativo e criar desfoliações nos ramos, fatores que parecem ser sensíveis aos índices de NDVI, o que pode explicar alguma variabilidade existente na parcela, em que as zonas com menores teores de potássio ser as zonas com árvores com menores crescimentos vegetativos.

O cálcio influencia bastante o desenvolvimento do sistema radicular, pelo que um sistema radicular menos desenvolvido tem menos capacidade de absorção de nutrientes o que pode influenciar o desenvolvimento da árvore, contudo, este encontra-se em todas as zonas com valores suficientes nas folhas pelo que as diferenças de cada zona podem ser explicadas por diferentes eficiências de aplicação e absorção do nutriente por parte das folhas.

Quadro 20 - Teores foliares dos macronutrientes no início do estado vegetativo, médias de 3 zonas de NDVI.

NDVI	N		Ca		K		Mg	P	S	
	%									
Z1	4,6	A	2,0	A	0,8	A	0,2	0,2	0,1	
Z2	1,5	B	1,7	B	0,8	A	0,2	0,2	0,1	
Z3	1,5	B	1,7	B	0,7	B	0,2	0,1	0,1	
EPM	1,19		0,09		0,04		0,01	0,01	0,01	
P (ANOVA)	0,065		0,050		0,029		0,364	0,242	0,352	
N= 3 observações por NDVI										
Intervalo (Zero-Baixo-Alto)	0-1,5-2		0-1-2,3		0-0,8-1		0-0,1-0,2	0-0,1-0,2	0-0,15-0,3	
Teste de comparação múltipla de médias de Tukey para α=0.05, letras diferentes em coluna indicam valores estatisticamente diferentes, EPM – Erro padrão da média, P – probabilidade. Intervalo (nulo-baixo-alto) valores descritos nos boletins das análises										

Como podemos ver no quadro 21, houve apenas diferença estatisticamente significativa ($P<0,1$) no manganês, das zonas Z1 e Z2 para a Z3, apresentando na zona Z1 um teor médio considerado perto de valores altos ($\geq 50\%$) quando comparado com a zona Z2 e Z3 que tiveram um teor médio bastante mais baixo (26,3% e 23,5%, respetivamente).

O manganês é um elemento que intervém diretamente na formação da clorofila e no processo fotossintético, ou seja, ele é um fator que pode ser muito sensível ao índice de vegetação e pode explicar algumas diferenças existentes na parcela. Pelo que aos maiores valores de manganês corresponderam os maiores índices de NDVI (zona Z1). Os restantes micronutrientes não são estatisticamente diferentes nas 3 zonas consideradas, embora o boro, nutriente importantíssimo na cultura da oliveira, apresente teores baixos nas folhas ($\leq 19\%$) em todos os pontos de estudo, o que deverá ser um fator em ter conta em futuras fertilizações que sejam realizadas.

Quadro 21 - Teores foliares dos micronutrientes no início do estado vegetativo, médias de 3 zonas de NDVI.

NDVI	B	Cu	Fe	Mn	Zn	
	%					
Z1	14,9	32,2	119,3	49,1	A	18,3
Z2	14,4	25,4	84,1	26,3	AB	16,8
Z3	13,5	21,2	76,9	23,5	B	15,6
EPM	0,93	6,16	27,08	9,38		1,55
P (ANOVA)	0,375	0,276	0,316	0,06		0,285
N= 3 obs. por NDVI						
Intervalo (Zero-Baixo o-Alto)	0-19-150	0-4-150	0-75-200	0-20-50	—	0-10-70
Teste de comparação múltipla de médias de Tukey para $\alpha=0.05$, letras diferentes em coluna indicam valores estaticamente diferentes, EPM – Erro padrão da média, P – probabilidade. Intervalo (nulo-baixo-alto) v valores descritos nos boletins das análises						

4.1.4. Características da árvore

Os resultados das características apresentadas no quadro 22 são valores médios, das medições ao nível das 15 árvores de cada nível de gestão de NDVI (Z1, Z2 e Z3).

Pelo quadro 22 podemos inicialmente constatar que houve diferenças estatisticamente significativas ($P < 0,05$) nos parâmetros altura, largura e volume das árvores. As zonas da parcela com valores Z1 apresentaram valores mais elevados de largura e volume quando comparados com as zonas Z2 e Z3, enquanto no parâmetro da altura, as zonas Z1 e Z2 tiveram diferença em relação à zona Z3. Analisar a altura e largura isoladamente não é muito relevante uma vez que neste tipo de sistema de condução da oliveira, as zonas mais altas e largas da árvore acabam sempre por ser podadas na medida do que é necessário para garantir que a máquina de colheita realize esta operação sem danificar a árvore, pelo que a existência de frutos a partir de uma certa altura e largura na árvore são insignificantes, importante é analisar o volume da copa como um todo.

Estes resultados vêm comprovar o que se vê na parcela, que nas zonas Z1, as árvores estão mais desenvolvidas do que as árvores das zonas Z2 e, principalmente, da Z3, daí apresentarem maiores valores de NDVI e assim maiores valores da altura, largura e de volume da copa. As zonas com os pontos de amostragem mais desenvolvidos (Z1) correspondem aos pontos com melhores teores de nutrientes do solo e das folhas o que demonstra que estão interligados e a importância da fertilização para um correto desenvolvimento da oliveira.

Quadro 22 - Características do olival no dia 19/02/2019, médias de cada 15 árv das 3 zonas de NDVI.

NDVI	ALTURA		COMPRIMENTO LARGURA			VOLUME		ÁREA
			(m)			(m3)		(m2)
Z1	2,3	A	1,8	1,9	A	7,9	A	21,6
Z2	2,1	A	1,8	1,7	B	6,5	B	21,6
Z3	1,9	B	1,8	1,7	B	5,8	B	18,3
EPM	0,08		0,07	0,06		0,49		2,11
P (ANOVA)	<0.001		0,896	0,001		<0.004		0,205
N=15 obs por NDVI								
Teste de comparação múltipla de médias de Tukey para α=0.05, letras diferentes em coluna indicam valores estatisticamente diferentes, EPM – Erro padrão da média, P – probabilidade.								

A Figura 39 ilustra o volume médio das árvores em cada um dos pontos em estudo, relacionados com o índice de NDVI no dia 9 de junho de 2019. Como podemos ver o volume (m³) foi dividido em 3 classes: vermelho/baixo (5.5-6.1), amarelo/médio (6.2-7.1) e verde/alto (7.2-8.7).

Os pontos de amostragem 1, 2 e 3 (Z1) estão inseridos em zonas com mais alto índice de NDVI, que refletem volumes verdes/altos no caso do ponto 1 e 2 e volume amarelo/médio no ponto 3. Os pontos 4, 5 e 6 (Z2) situam-se em zonas da parcela com índice de NDVI intermédio, que correspondem a volumes amarelos/médios nos pontos 5 e 6 e volume vermelho/baixo no ponto 4. Os pontos de estudo 7, 8 e 9 (Z3) encontram-se em zonas da parcela com mais baixo índice de NDVI, e apresentam todos eles volumes vermelhos/baixos.

As zonas onde os índices de NDVI estão mais altos (Z1) correspondem a árvores com maiores volumes e as zonas com menores índices de NDVI (Z3) apresentam árvores com volumes mais baixos.

As diferenças de altura, largura e volume existentes entre os pontos de amostragem não se devem à forma como os recursos utilizados (água, nutrientes e tratamentos) são geridos pois todos

eles são regados, fertilizados e tratados de igual forma. Contudo a eficiência de aplicação, principalmente da água e fertilizantes, pode ser bastante variável nos distintos casos. Por exemplo, no caso dos pontos 7 e 8 (baixo-médio volume), eles inserem-se numa zona de maior declive, com elevada concentração de pedras e detritos de dimensão considerável e solos pouco profundos (análise de solos nestes pontos não foi possível ir mais além dos 25-30 cm de profundidade), que para além de dificultar o enraizamento da árvore e limitar o seu crescimento, há menor capacidade de retenção de água e nutrientes e com isso maior escoamento e lixiviação, o que pode explicar o facto de os pontos de amostragem com NDVI mais baixo (Z3) apresentarem sempre défices de azoto, fósforo e matéria orgânica quando comparados com os pontos com NDVI mais alto (Z1). Ou seja, a quantidade de água e nutrientes fornecida nestes pontos poderá não estar a ser tão bem aproveitada pela árvore como noutros pontos do estudo. Ao invés, os pontos 1, 2 e 3 (médio-alto volume) estão em zonas mais planas, com solos mais profundos e melhor estruturados, que permitem melhores condições de estabelecimento da árvore e de aproveitamento dos recursos.

Olhando para a carta de capacidade de uso de solo também se poderá entender as diferenças existentes na parcela e que os exemplos anteriormente descritos vão ao encontro das 2 zonas distintas que existem na parcela a De+Ee (pontos 7 e 8) que são zonas com solos pouco suscetíveis ao uso agrícola e com limitações severas de solo e a zona Bs+Ce (pontos 1, 2 e 3) zonas com solos considerados agrícolas e com limitações moderadas de solo.

Do ponto vista biométrico existem estas diferenças significativas nos distintos pontos, contudo é muito importante perceber se irão existir diferenças claras na produção e daí refletir a necessidade de aplicar, por exemplo, os recursos de forma diferenciada.

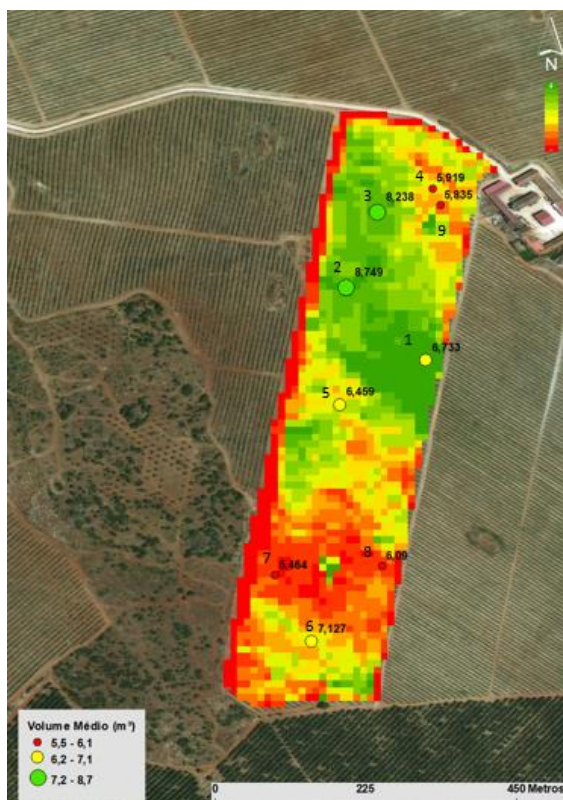


Figura 39 - Volume médio em cada um dos pontos relacionados com o índice NDVI em 9/06/2019. Fonte: www.agromap.agroinsider360.com

No anexo 3 encontra-se outra imagem de satélite que relaciona o volume médio das árvores em cada um dos pontos com 3 zonas de gestão de vigor e que também ajuda a explicar a variabilidade existente na parcela.

4.2. Estados fenológicos

Embora o registo das observações apenas se tenha iniciado no dia 27 março, a soma da acumulação de tempo térmico (figura 40), para a temperatura base da oliveira de 9,1 °C (De acordo com Melo-Abreu et al. 2009), foi efetuada a partir de 1 de janeiro com a cultivar ainda no estado de repouso. No anexo 2, está descrito mais pormenorizadamente o nº de horas por dia e mês com temperatura inferior a 9.1°C, desde o dia 1 janeiro até 31 julho.

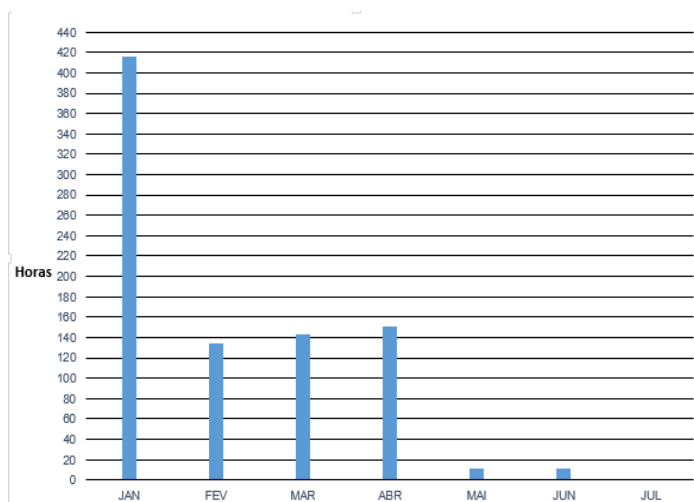


Figura 40 – Nº de horas mensal com temperatura <9.1°C

No dia 27 março, data de primeira observação, já se tinham atingido 678 horas de frio e as oliveiras já se encontravam do lado SW no estado BBCH 53, na abertura dos gomos florais e desenvolvimento da inflorescência (Figura 41A), enquanto do lado NE estava mais atrasado, no estado 33, fase em que os rebentos atingem 30% do seu comprimento final (Figura 41B). Até ao dia 31 julho os resultados fenológicos dos diferentes pontos podem ser vistos detalhadamente no Anexo 4.



Figura 41 – (A) Estado de desenvolvimento da árvore no dia 27 março, do lado SW da árvore; (B) Estado de desenvolvimento da árvore no dia 27 março, do lado NE da árvore

Analisando os restantes estados fenológicos, o estado 65, a plena floração, foi visualizada primeiramente do lado SW no dia 22 maio e apenas na semana seguinte dia 29 maio o lado NE também se encontrava em plena floração. Para atingir a plena floração foram necessárias 855 horas de frio. A fase de desenvolvimento do fruto começou pelo início de junho no lado SW da árvore e estabeleceu-se em todos os pontos e nos dois lados no dia 12 de junho em que todos os pontos se encontravam no estado fenológico 71, até ao dia 31 de julho quando os frutos atingiram 90 % do seu tamanho final (estado 79).

A temperatura é importante no desenvolvimento da vegetação em geral e para a cultura da oliveira em particular, sendo um fator determinante na duração cronológica e período de ocorrência dos vários estados fenológicos do seu ciclo de desenvolvimento. Os resultados fenológicos deste olival podem ser melhor explicados se tivermos em atenção as temperaturas médias do ar existentes no local (quadro 23) em que podemos facilmente perceber que o facto de ter existido uma evolução lenta nos meses março e abril no olival se deve ao facto de a temperatura média se ter mantido igual nos dois meses e relativamente baixa para as exigências da cultura. A partir do mês de maio já se verificou o contrário, uma evolução muito rápida nos estados fenológicos em resposta a um aumento de 6,5°C na temperatura média do mês de maio e também ao número de horas de frio ($T^{\circ} < 9,1^{\circ}\text{C}$) acumulados nos meses anteriores.

As oliveiras desenvolvem-se bem em regiões com índice de precipitação médio de 400-1000 mm/ano. Contudo, o ótimo de precipitação para a cultura, é considerado entre 500-800 mm por ano e elevadas precipitações na fase da floração são desfavoráveis ao bom desenvolvimento da oliveira. Nos primeiros 7 meses do ano como podemos ver no quadro 23, choveram no total 214,8mm, embora podemos afirmar que quase metade (44%) do total foi durante o mês de abril que coincide com o mês que a oliveira atrasou os estados fenológicos. O mês de maio foi um mês com muita pouca precipitação o que contribuiu para um bom desenvolvimento da floração nessa fase.

Quadro 23 – Temperaturas médias (°C) e precipitações (mm) mensais no local do estudo

Meses	Temperaturas médias do Ar (°C)	Precipitação (mm)
Janeiro	8,58	51,80
Fevereiro	10,65	19,60
Março	13,27	30
Abril	13,27	94,20
Maio	19,79	13,0
Junho	20,07	4,40
Julho	23,35	1,80
TOTAL	108,97	214,80
MÉDIA	15,57	30,70

Para melhor compreender se o comportamento da árvore ao longo deste período foi dentro do normal desta cultivar, é fundamental ter uma noção do período de floração pois este tem uma grande importância para uma boa produtividade final.

4.2.1. Determinação da duração da fase de floração

O quadro 24 mostra a duração das fases do ciclo produtivo que ocorreram neste estudo relacionadas com as durações médias das mesmas segundo Ramos (2014). As 3 zonas de gestão em estudo (Z1, Z2 e Z3) foram todas muito parecidas e quando existiram variações nos períodos de duração das fases, estes não excederam os 5-7 dias, o que é insignificante para a comparação entre as zonas e, por isso, escolheu-se a zona verde como a zona de referência para a comparação por ser aquela que se aproxima mais dos períodos vegetativos ótimos do olival. Neste quadro, as contagens dos dias e duração dizem respeito às datas em que pela primeira vez se observou o primeiro dígito da escala BBCH (estado dominante), referente a cada fase vegetativa.

A fase de emergência das inflorescências e das flores desta parcela, no lado SW, foi exatamente igual às durações médias segundo Ramos (2014), enquanto do lado NE foram necessários menos 7 dias para completar esta fase. A floração e vingamento em ambos os lados da árvore necessitou de 21 dias para completar esta fase o que foi inferior à duração média segundo Ramos (2014). A fase de desenvolvimento dos frutos até ao dia 31 de julho, tanto o lado NE como SW, a duração foi ligeiramente superior aos valores indicados por Ramos (2014).

A floração, fase importantíssima para a produção, tendo em conta os valores estimados por este autor ocorreu num período inferior àquele que seria o esperado.

Quadro 24 - Duração das diferentes fases do ciclo produtivo da parcela
P.E. – Período de Estudo

Duração das fases do ciclo produtivo	Orientação	Início da fase	Duração da fase	Duração média da fase (Ramos, 2014)
Emergência das inflorescências e das flores	NE	17 abril	42 dias	15/01–15/05 (119 Dias)
	SW	27 março	49 dias	<u>P.E.</u> : Só iniciou a 27/03 (49 dias)
Floração e Vingamento	NE	22 maio	21 dias	15/05 – 15/06 (31 dias)
	SW	15 maio	21 dias	
Desenvolvimento dos frutos	NE	12 junho	49 dias	15/06 – 31/08 (77 dias)
	SW	5 junho	56 dias	<u>P.E.</u> : Terminou a 31/07 (46 dias)

O quadro 25 mostra o início e duração da fase da floração das cultivares Cobrançosa, Azeiteira e Arbequina segundo Cordeiro et. al (2018). A floração da variedade em estudo Arbosana é muito

parecida com a Arbequina segundo Cordeiro (comunicação pessoal, 2019), embora seja um pouco mais tardia pelo que se considerou para análise valores não comprovados para o local.

Contudo a floração da cultivar Arbosana nesta parcela iniciou mais tarde (15 e 22 de maio) e durou mais tempo (21 dias) do que seria teoricamente esperado pelo autor.

Quadro 25 – Início e duração da fase da floração de algumas variedades segundo Cordeiro et. al (2018) e Cordeiro (comunicação pessoal, 2019)

Cultivar	Início da floração	Duração da floração
Cobrançosa	9 maio	16 dias
Azeiteira	6 maio	19 dias
Arbequina	4 maio	16 dias
Arbosana	7 maio	16 dias

De forma a permitir uma análise do período de floração com maior rigor, com base no conceito proposto por Barranco et al (1994), determinou-se a data de início e fim de floração, início e fim da plena floração. As datas obtidas permitiram traçar a matriz para determinação da data média (PF), duração da plena floração (DuPF) e duração do período de floração (DuF), cujos resultados se apresentam no quadro 26.

Por este método a duração da floração no lado SW já se aproxima mais (29 dias) do valor esperado por Ramos (2014), enquanto no NE a duração mantém-se nos 21 dias.

Quadro 26 – Período de floração segundo o método do triângulo proposto por Barranco et. al (1994)

Método do Triângulo						
IF	iPF	FiPF	FiF	Data Média PF	Média DuPF (dias)	Média DuF (dias)
24/abr	15/mai	22/mai	29/mai	18/mai	7 dias	35 dias
IF - Início de Floração; iPF - Início da Plena floração; FiPF - Final da plena floração; FiF - Final da Floração; DuPF - Duração da Plena Floração; DuF - Duração da Floração						

4.3. Vingamento

O quadro 27 mostra os resultados das contagens iniciais e finais dos vingamentos, através do:

- Número total de frutos vingados por zona de NDVI (Z1, Z2 e Z3), que contabiliza o número de frutos existentes nas 600 inflorescências marcadas por cada zona (200 por cada ponto de amostragem);
- Número total de frutos vingados por orientação (NE e SW), que contabiliza o número de frutos existentes nas 900 inflorescências marcadas por orientação (100 por cada ponto de amostragem);
- Número total de frutos vingados no total das zonas e/ou no total de ambos os lados da árvore.

Nas diferentes zonas de NDVI o vingamento teve o resultado esperado com melhores resultados na zona Z1, de seguida na Z2 e por fim na Z3, contudo são todos valores muito próximos, principalmente entre a zona Z2 e Z3 e podemos comprovar através de um teste de ANOVA que não há

diferenças estatisticamente significativas ($P>0,05$) entre as diferentes zonas. Com estes resultados prévios (sem valores de produções reais) pode-se retirar que:

- Apesar de existirem diferenças de frutos vingados nas 3 zonas de NDVI, estas podem não ser suficientes para que haja a necessidade de se intervir, através de técnicas culturais diferenciadas, nas 3 zonas de gestão;
- Este modelo a 3 zonas de gestão pode não demonstrar a possível variabilidade existente nesta parcela pois as diferenças não são grandes e as zonas Z2 e Z3 são muito parecidas.

Em relação à orientação testamos as diferenças entre o lado NE e SW e obtivemos mais frutos vingados no lado NE ao contrário do que seria esperado visto que, o lado SW recebe mais horas de luz. Contudo, através de um teste de ANOVA percebe-se que estes valores também não apresentaram diferenças estatisticamente significativas ($P>0,05$) pelo que:

- Apesar de o lado SW estar mais horas exposto à luz solar, este pode não ser suficiente para que haja uma clara diferença para o lado NE da árvore que recebe menos luz;
- A orientação do olival em estudo parece não influenciar o vingamento.

Na primeira contagem contaram-se 1997 frutos e na segunda 1889, ou seja, houve uma redução de 5% nos frutos vingados.

Quadro 27 – Número de frutos vingados por zona, orientação e no total

	Total vingamento por zona			Total vingamento por orientação		Vingamento Total
	Z1	Z2	Z3	NE	SW	
Inicial	741	647	609	1031	966	1997
Final	684	624	581	984	905	1889

Para avaliar melhor a variabilidade existente na parcela relacionou-se o vingamento médio nos 9 pontos de amostragem em estudo, com os índices de NDVI do dia 9 junho de 2019, data próxima da contagem do vingamento final (figura 42). Nesta figura, o vingamento foi dividido em 3 classes: vermelho/baixa (16,9-18,1), amarela/média (18,2-22,5) e verde/alta (22,6-33,6). O quadro 28 indica a média do número de frutos vingados por cada zona de NDVI (Z1, Z2 e Z3) descritos na figura 42.

Os pontos de amostragem situados em zonas com o NDVI mais alto - Z1 (1, 2 e 3), apenas o ponto 1 correspondeu a um vingamento médio na classe verde/alta, enquanto os restantes inseriram-se nas classes amarela/média (ponto 2) e vermelho/baixa (ponto 3). Houve pontos muito diferentes entre si e que se desviaram muito da média (24), como é o caso do ponto 1 (33,6) e o ponto 3 (16,9) que tem quase metade do número de frutos vingados do anterior.

Os pontos de amostragem localizados em zonas com o NDVI intermédio - Z2 (4, 6 e 9), corresponderam à classe de vingamento amarela/média, exceto o ponto 9 que apresentou um vingamento médio na classe vermelha/baixa. Neste caso os pontos foram próximos da média embora tenha havido alguma distância entre eles, como foi o caso do ponto 6 (22,5) e o ponto 9 (18,1).

Os pontos de amostragem posicionados em zonas com o NDVI mais baixo - Z3 (5, 7 e 8), inseriram-se os 3 na classe de vingamento amarela/média. Esta zona comportou-se como a anterior, com a diferença que se afastou menos da média, onde tivemos o ponto 7 (22) e o ponto 5 (20,3).

Com estes resultados (e sem dados de produções reais) podemos analisar que:

- Não existe uma tendência nos resultados e com isso, não podemos associar um dado índice de NDVI a um vingamento, por exemplo, na mesma zona de NDVI mais alto (Z1) tanto existem pontos com vingamento alto como pontos com vingamento baixo e, por isso, podemos afirmar que esta gestão a 3 níveis de NDVI (Z1, Z2 e Z3) pode não explicar a variabilidade existente na parcela relativamente ao fator em análise;
- Como os vingamentos médios das classes amarelo/média e vermelho/baixa se relacionaram com índices de NDVI Z2 e Z3 de forma muito similar pode talvez ser interessante analisar os resultados não em 3 zonas de gestão mas sim em 2 zonas de gestão, ou seja, 2 classes de NDVI.

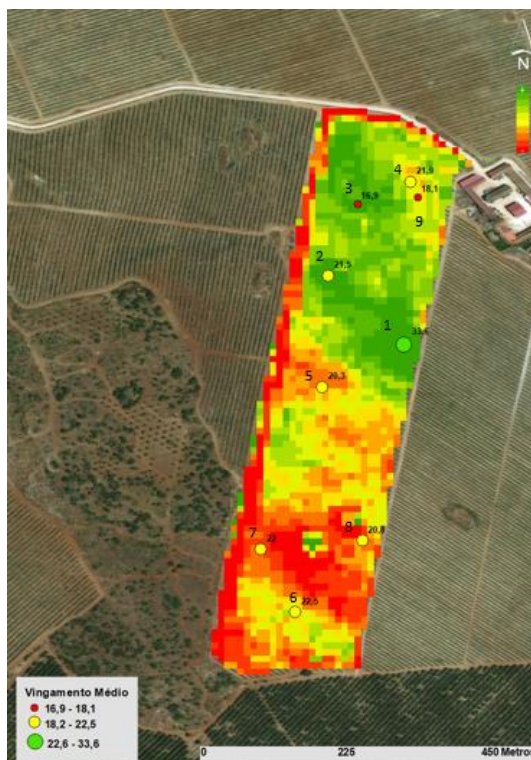


Figura 42 - Vingamento médio e NDVI em cada um dos 9 pontos, no dia 9 de junho 2019.

Fonte: www.agromap.agroinsider360.com

Quadro 28 – Média dos frutos vingados em 20 inflorescências por cada zona de NDVI.

Zona	Pontos de amostragem	Vingamento médio total
Z1	1, 2 e 3	24
Z2	4, 6 e 9	20,8
Z3	5, 7 e 8	21

Depois de avaliarmos como se comportou o vingamento relacionado com imagens de satélite e também com a orientação, foi feita outra análise do vingamento. Como concluímos que não existiram diferenças estatisticamente significativas na orientação do olival, nesta análise, os resultados tanto iniciais como finais são a soma dos frutos vingados de ambos os lados da árvore. Inicialmente fomos verificar o número de inflorescências vingadas com pelo menos 1 fruto, ou seja, aquelas que apresentaram mais de 40 frutos (20 inflorescências do lado NE + 20 inflorescências do lado SW), sendo que cada ponto de amostragem é referente à contagem de 5 árvores e por isso com um total de 200

inflorescências. Os resultados podem ser vistos no quadro 29, que inclui também as médias, e o teste da ANOVA entre as zonas, que revelou não haver diferenças estatisticamente significativas ($P>0,05$).

Podemos observar que na zona Z1 o número de inflorescências vingadas não foi regular pois temos uma variação dos 20% até aos 100%, e até uma diminuição da percentagem inicial para a final no caso do ponto 1. Na zona Z2 assistiu-se a um maior equilíbrio em todos os pontos tanto na fase inicial como na final, com uma percentagem de 60% de inflorescências com pelo menos 1 fruto vingado. A zona Z3 foi a zona que apresentou piores resultados, com a maior percentagem a fixar-se nos 60% de inflorescências com pelo menos 1 fruto vingado no ponto 7 e as restantes a terem valores mais baixos. Pode-se também perceber que a percentagem de inflorescências vingadas com pelo menos 1 fruto não variou na maioria dos pontos das contagens iniciais para as finais.

Quadro 29 - Percentagem de inflorescências com pelo menos 1 fruto vingado nas contagens iniciais e finais

Zona	Bloco	% Inflorescência Inicial	MÉDIA	% Inflorescência Final	MÉDIA
Z1	1	100	60	80	53,3
	2	60		60	
	3	20		20	
Z2	4	60	60	40	53,3
	5	60		60	
	6	60		60	
Z3	7	60	40	40	33,3
	8	40		40	
	9	20		20	

No quadro 30 está representado o vingamento inicial e final, assim como o número médio de frutos por inflorescência tendo em conta as 200 inflorescências por ponto de amostragem e inclui também as médias. Dividiu-se o número total de frutos pelo número de inflorescências em cada ponto (200) que deu o número médio de frutos/inflorescência. Realizou-se o teste da ANOVA que não revelou diferenças estatisticamente significativas ($P>0,05$). Pelo quadro podemos referir que a zona Z1 teve um valor médio do número de frutos/inflorescência superior à zona Z2 e Z3, embora esta zona tenha tido uma grande variância nos 3 pontos de estudo. A zona Z2 e Z3 apesar de terem apresentado menores números médios por inflorescência, os seus valores foram muito regulares nos seus pontos e muito próximos entre as 2 zonas.

Quadro 30 - Número médio de frutos por inflorescência das contagens iniciais e finais

Zona	Bloco	Vingamento inicial	Nº médio de frutos/inf	Média	Vingamento final	Nº médio de frutos/inf	Média
Z1	1	336	1,68	1,24	315	1,575	1,18
	2	236	1,18		230	1,15	
	3	169	0,845		161	0,805	
Z2	4	219	1,095	1,08	206	1,03	1,04
	5	203	1,015		198	0,99	
	6	225	1,125		220	1,1	
Z3	7	220	1,1	1,02	210	1,05	0,97
	8	208	1,04		195	0,975	
	9	181	0,905		176	0,88	

O quadro 31 mostra o número de frutos médio por inflorescência de uma árvore adulta de algumas cultivares segundo Cordeiro (comunicação pessoal, 2019). Também podemos verificar que os resultados são muito aquém do que se espera para esta cultivar, embora as árvores em estudo ainda

não tenham atingido totalmente a idade adulta. Estes valores podem ser explicados por vários fatores, incluindo os genéticos (polinização, número de flores, etc.), mas também podem ser explicados por fatores biológicos como, por exemplo, se a planta sofreu stress hídrico nalguma fase importante do seu ciclo, ou algum ataque de praga/doenças que possa ter afetado o vingamento, ou mesmo até a falta ou menor eficiência das fertilizações efetuadas, e também não esquecer a questão da alternância da oliveira podendo este ser um ano de contrassafra.

Quadro 31 – Número de frutos médio por inflorescência em diferentes cultivares (Cordeiro, comunicação pessoal, 2019)

Cultivar	Nº Frutos médio / Inflorescência
Arbequina	4-5
Arbosana	3-4
Galega	1-2

4.3.1. Análise do vingamento a 2 zonas de gestão

Face aos resultados anteriormente descritos é importante analisar estes resultados com base em 2 zonas de gestão, e não em 3 zonas como foi realizado anteriormente, e avaliar a hipótese de existirem resultados com diferenças estatisticamente significativas que expliquem a variabilidade espacial existente na parcela. Desta forma, os 8 pontos de amostragem foram separados considerando o volume médio das árvores (figura 43), visto que este está relacionado com o índice de NDVI. Assim, os pontos 1, 2, 5 e 6 serão a primeira zona de gestão com volumes $> 6,2 \text{ m}^3$ (ZA) que se inserem na zona de mais alto valor de NDVI/vigor (verde) e os pontos 4, 7, 8 e 9 serão a segunda zona de gestão com volumes $< 6,2 \text{ m}^3$ (ZB), que representam as zonas com mais baixo valor de NDVI/vigor (vermelho).



Figura 43 - Volume médio das árvores segundo 2 zonas de gestão de vigor.

Fonte: www.agromap.agroinsider360.com

- O quadro 32 mostra os resultados das contagens iniciais e finais dos vingamentos, através do:
- Número total de frutos vingados por 2 zonas de gestão de volume (ZA: volumes > 6,2 m³ e ZB: volumes < 6,2 m³), que contabilizam o número de frutos vingados nas 800 inflorescências por cada zona de gestão (200 por cada ponto);
 - Número total de frutos vingados no total das 2 zonas de gestão, em 1600 inflorescências.

O vingamento na zona ZA teve maior número de frutos vingados do que na zona ZB, e através de um teste ANOVA (quadro 33) provou-se que estes resultados tiveram diferenças estatisticamente significativas ($P < 0,10$).

Com estes resultados (sem valores de produções reais) podemos concluir que:

- As árvores com maiores volumes apresentaram maior capacidade para produzir azeitonas, pelo que tentar aproximar tanto quanto possível a parcela para árvores com volumes superiores a 6,2 m³, através do aumento de fatores de produção, seria uma solução para aumentar o número de frutos vingados e com isso a produtividade, contudo a redução de custos nas zonas com árvores com menores volumes também poderá ser uma solução pois pode obter-se o mesmo resultado líquido com menos produção;
- Estando todos os pontos a receber de igual valor os fatores de produção (água e fertilizantes) este deve ser um fator a ter em conta pelo produtor visto que está a aplicar quantidades de nutrientes e água em certos pontos que não se estão a traduzir num melhor crescimento da árvore e em melhores números de frutos vingados;
- As diferenças existentes ao nível da capacidade de uso do solo nesta parcela também poderão justificar as diferenças de vingamento existente, uma vez que os pontos de amostragem inseridos nas zonas menos suscetíveis ao uso agrícola (7 e 8) apresentaram menores volumes e posteriormente menores vingamentos médios, ao contrário dos pontos situados em zonas com solos agrícolas (1 e 2) que ao terem maiores volumes também apresentaram melhores vingamentos médios;
- Este modo de gestão em apenas 2 zonas parece já explicar a variabilidade existente na parcela em estudo, estando esta relacionado com o NDVI.

Na primeira contagem contaram-se 1828 frutos e na segunda 1750, ou seja, houve uma redução de 4,3% nos frutos vingados.

Quadro 32 - Resumo das contagens dos vingamentos nas 2 zonas de gestão e no seu total

	Total vingamento por zona de gestão		Vingamento Total
	ZA: Volume > 6,2 m ³	ZB: Volume < 6,2 m ³	
Inicial	1000	828	1828
Final	963	787	1750

Quadro 33 – Vingamentos totais iniciais e finais nas 2 zonas de gestão

ZONA DE GESTÃO	Pontos de amostragem	Vingamento Total		Vingamento Total	
		Inicial		Final	
ZA: Volume > 6,2 m3	1, 2, 5 e 6	50	A	48,15	A
ZB: Volume < 6,2 m3	4, 7, 8 e 9	41,4	B	39,35	B
EPM P (ANOVA) N =20 obs/zona gestão		4,75		4,42	
		0,079		0,054	
Teste de comparação multipla de médias de Tukey para $\alpha=0,10$, letras diferentes em coluna indicam valores estatisticamente diferentes, EPM - Erro padrão da média, P - Probabilidade					

A figura 44 relaciona o vingamento médio dividido em 2 classes a verde (>21,5) e vermelha (<21,5), nos 8 pontos de estudo, com os índices de NDVI do dia 9 junho de 2019 (data próxima da contagem do vingamento final), divididos em 2 classes, um de maior vigor (verde) e outro de menor vigor (vermelho). O quadro 34 indica a média do número de frutos vingados, descritos na figura 44, por cada uma das duas zonas de gestão (ZA/Maior vigor e ZB/Menor vigor).

Os pontos situados nas zonas ZA (maior vigor) – a verde na figura – foram os pontos 1, 2, 5 e 6. Destes pontos de amostragem apenas o ponto 5 correspondeu a um vingamento médio na classe vermelha (20,3), enquanto os restantes apresentaram todos classes verde (>21,5). Os pontos foram, exceto o bloco 1 (33,6), muito parecidos e não se desviaram muito da média (24,8).

Os pontos situados nas zonas ZB (menor vigor) – a vermelho na figura – foram os pontos 4, 7, 8 e 9. O ponto 4 e 7 corresponderam a um vingamento médio na classe verde (>21,5) e os pontos 8 e 9 apresentaram um vingamento médio na classe vermelha (<21,5), sendo que estes pontos no geral afastaram-se mais da média (20,7).

Com estes resultados (e sem dados de produções reais) podemos analisar que:

- Na maioria dos casos, os pontos nas zonas de maior vigor corresponderam a maiores vingamentos médios em comparação com os pontos das zonas de menor vigor;
- Este estudo vai ao encontro dos resultados a que chegamos anteriormente, em que os pontos com árvores de maior volume apresentaram maior vingamento médio, ou seja, maior volume corresponde a um maior vigor e com isso maior vingamento;
- Estes resultados divididos por 2 zonas de gestão aproximam mais os resultados de cada ponto e, em comparação com o modelo a 3 zonas de gestão estudado no capítulo 4.3, estes são mais lineares e assim induzem a uma melhor associação do vingamento aos índices de NDVI.



Figura 44 - Vengamento médio e NDVI traduzido em vigor em cada um dos 8 pontos de amostragem, no dia 9 de junho 2019. Fonte: www.agromap.agroinsider360.com

Quadro 34 – Média dos frutos vingados, por 20 inflorescências por cada zona de gestão

ZONA	Pontos de amostragem	VINGAMENTO MÉDIO
ZA/Maior vigor	1, 2, 5 e 6	24,8
ZB/Menor vigor	4, 7, 8 e 9	20,7

Os resultados do teste de comparação múltipla de médias de Tukey observado no quadro 35 dizem respeito ao número de inflorescências vingadas com pelo menos 1 fruto, ou seja, aquelas que apresentaram mais de 40 frutos (20 inflorescências do lado NE + 20 inflorescências do lado SW), sendo que cada ponto de amostragem é referente à contagem de 5 árvores e por isso com um total de 200 inflorescências.

Com este modelo a 2 zonas de gestão já foi possível encontrar diferenças estatisticamente significativas ($P < 0,10$) na percentagem (%) de inflorescências inicial e final com pelo menos 1 fruto vingado, em que as zonas ZA apresentaram quase o dobro das médias das % Inflorescências com pelo menos 1 fruto vingado, tanto iniciais como finais, das zonas ZB. Com isto pode-se perceber que o facto de ter árvores com maiores volumes parece garantir maior percentagem de inflorescências produtivas, ou seja, que possuem pelo menos 1 fruto vingado e com isso aumentar a produtividade do olival. Pode-se também concluir que a percentagem de inflorescências vingadas com pelo menos 1 fruto variou

apenas 10% das contagens iniciais para as finais. No anexo 6 os dados referentes ao quadro 35 são descritos em maior detalhe.

Quadro 35 – Percentagem (%) de inflorescências com pelo menos 1 fruto vingado nas contagens iniciais e finais

ZONA	Pontos de amostragem	%INFLO_inicial		%INFLO_final	
ZA: Volume > 6,2 m3	1, 2, 5 e 6	70	A	65	A
ZB: Volume < 6,2 m3	4, 7, 8 e 9	45	B	35	B
EPM		6,77		4,08	
P (ANOVA)		0,080		0,014	
N= 20 Obs/zona gestão					
Teste de comparação múltipla de médias de Tukey para $\alpha=0,10$, letras diferentes em coluna indicam valores estatisticamente diferentes, EPM - Erro padrão da média, P - Probabilidade					

No quadro 36 está descrito a análise estatística do número médio de frutos por inflorescência das contagens iniciais e finais, onde todo o processo é igual ao realizado no capítulo do vingamento (4.3). Utilizando o teste ANOVA concluiu-se que existiram diferenças estatisticamente significativas ($P<0,10$) no número médio de frutos/inflorescência, tanto das contagens iniciais como das finais.

Pelo quadro entende-se que os pontos da zona ZA apresentaram um maior número médio de frutos por inflorescência tanto nas contagens iniciais como finais. Este modelo a 2 zonas de gestão veio claramente distinguir comportamentos bastante diferentes na parcela com as zonas que representam árvores com maiores volumes a terem muito maior número de fruto/inflorescência. Numa ótica de rendimento e sem valores de produções reais, sendo o objetivo do produtor ter a melhor produtividade, será importante ter o maior número de frutos por inflorescência possível e olhando para os resultados de ambas as zonas estes são preocupantes se tivermos em conta o número teórico para esta variedade (3-4 frutos/inflorescência), segundo Cordeiro (comunicação pessoal, 2019), mas ainda assim as zonas ZB são ainda mais preocupantes que as zonas ZA. No anexo 6 os dados referentes ao quadro 36 são descritos em maior detalhe.

Quadro 36 – Análise estatística do número médio de frutos/inflorescência das contagens iniciais/finais

ZONA DE GESTÃO	Pontos de amostragem	Nº médio Frutos/inf_inicial		Nº médio Frutos/inf_Final	
ZA: Volume > 6,2 m3	1, 2, 5 e 6	1,25	A	1,21	A
ZB: Volume < 6,2 m3	4, 7, 8 e 9	1,04	B	0,99	B
EPM		0,12		0,11	
P (ANOVA)		0,077		0,055	
N= 20 Obs/zona gestão					
Teste de comparação múltipla de médias de Tukey para $\alpha=0,10$, letras diferentes em coluna indicam valores estatisticamente diferentes, EPM - Erro padrão da média, P - Probabilidade					

4.4. Rega otimizada pelas sondas de humidade

O quadro 37 mostra o número de regas e quantidade de água aplicada na parcela em estudo. Como podemos ver estes valores são muito abaixo do que normalmente é expectável para esta cultura e que em muitas zonas do nosso país se aplicam, por exemplo, há olivais no perímetro de rega do Alqueva que são regados com quantidades a variar entre os 2500-3500 m³/ha. Segundo a DGADR (2010), olivais instalados em zonas com quedas pluviométricas anuais na ordem dos 500 mm, as necessidades de água da cultura, oscilam geralmente entre 2000 a 3000 m³ por hectare, mas se tivermos em conta os escassos 214,8 mm que choveram no local da parcela (entre janeiro e julho) as necessidades certamente que serão maiores.

Estes valores de água aplicados podem influenciar características vegetativas como o volume das árvores e, principalmente reprodutivas, o vingamento e com isso, no número médio de frutos por inflorescência, o que poderá ser uma das razões para a existência de um número medio inferior ao teórico. Os meses de formação dos órgãos florais (março-abril), nos olivais em plena produção, são uma das fases em que a ausência de água mais condiciona a produção (período critico), sendo que esta parcela não foi regada neste período pode-se considerar que poderá ter efeito na produção final da parcela.

Quadro 37 – Nº de regas e quantidade aplicada, em cada mês

MÊS	Nº de regas	Quantidade (m ³ /ha)
Maio	5	146
Junho	12	348
Julho	12	348
Agosto	11	318
Setembro	9	260
TOTAL	49	1.420

A figura 45 mostra o estado de humidade do solo desde o dia 10 junho até 30 de setembro e os planos teóricos da rega. A linha preta reflete a tendência da quantidade de água existente no solo neste período, inserida na banda a verde indicadora da capacidade de campo (CC) e a banda a cinzento que mostra o início do stress hídrico/coeficiente de emurchecimento (CE). As colunas a azul (em baixo) mostram os planos de rega que deveriam ser realizados com base na tendência da evapotranspiração (linha laranja) existente neste período. No entanto é importante ressaltar que estes valores podem não ser os reais uma vez que, estes também variam com a textura do solo e a sua composição, e quando parametrizamos pode haver diferenças entre os valores teóricos e os valores reais. Como foi referido anteriormente, a gestão e aplicação da rega fez-se segundo uma estratégia de rega deficitária, que como podemos ver pela imagem só se regou quando a quantidade de água estava perto do CE e não foi possível, pela pouca água disponível, regar até à CC, regou-se apenas até meio desta. O facto de algumas vezes a quantidade de água ter sido inferior ao CE mostra que as árvores passaram por alguns momentos de stress hídrico, o que pode ter influencias muito negativas na produção.



Figura 45 - Avaliação da humidade do solo entre 10 junho e 30 de setembro e planos de gestão da rega

4.5. Produção e rendimento em azeite

Nesta fase calculou-se a produção total de azeitona, o peso por azeitona (média de 100 azeitonas), o rendimento em azeite, a humidade do azeite, o teor de gordura e gordura em matéria seca (GMS) do azeite. Efetuou-se a análise nos 3 pontos de amostragem de cada zona de NDVI (Z1, Z2 e Z3) e em 5 árvores de cada ponto (15 árvores por cada zona), contudo podemos comprovar através de um teste de ANOVA que não existem diferenças estatisticamente significativas ($P > 0,05$) entre as diferentes zonas. Os resultados estão descritos detalhadamente no anexo 7.

Tendo o anterior modelo a 3 zonas de gestão não demonstrado diferenças significativas, avaliou-se o modelo a 2 zonas de gestão (ZA e ZB), para perceber se neste modelo já existem diferenças significativas que expliquem a variabilidade espacial da parcela.

O quadro 38 mostra os resultados da análise estatística dos parâmetros anteriormente designados e efetuados nos 4 pontos de amostragem de cada zona de gestão (ZA e ZB), em 5 árvores de cada ponto (20 árvores por zona de gestão), onde através de um teste de ANOVA comprovou-se que há diferenças estatisticamente significativas ($P < 0,05$) entre as 2 zonas de gestão na produção total de azeitona, rendimento em azeite e gordura do azeite. O quadro 39 mostra a quantidade de azeite produzido (produção x rendimento médio em azeite) nas duas zonas de gestão.

A produção total de azeitona foi bastante superior em ZA (volume $> 6,2 \text{ m}^3$) ao contrário do rendimento em azeite e gordura do azeite em que foi superior em ZB (volume $< 6,2 \text{ m}^3$) e na zona ZA produziu-se mais azeite do que na zona ZB. Estes resultados mostram que:

-As árvores mais vigorosas, diga-se com maior volume de copa, foram as mais produtivas e por isso são as mais importantes para melhorar a produtividade da parcela, todavia tal relação nem sempre poderá ser linear pois a partir de um certo volume esta relação deixa de existir;

- As zonas da parcela mais importantes para o produtor são as que têm maior produção total de azeitona e não as que têm maior rendimento de azeite uma vez que com mais produção de azeitona conseguem-se maiores quantidades de azeite e com isso maior lucro para o produtor;
- O peso médio por frutos em ambas as zonas é bastante inferior ao peso médio normal da cultivar Arbosana segundo a Olint (2014), que é 1,43g;
- As diferenças existentes podem levar à decisão de intervir de forma diferenciada nas zonas ZA e ZB.
- Este modelo a 2 zonas de gestão demonstra a magnitude da variabilidade espacial da produtividade existente na parcela;

Quadro 38 - Análise estatística da produção total, peso por azeitona, rendimento em azeite, teor de gordura e gordura em matéria seca do azeite das 20 árvores de cada zona de gestão.

ZONA DE GESTÃO	Pontos amostragem	PRODUÇÃO TOTAL (Kg)		PESO POR AZEITONA (g)	RENDIMENTO EM AZEITE (%)		Gordura (%)		HUMIDADE (%)	GMS (%)
ZA: volume > 6,2 m3	1, 2, 5 e 6	35,65	A	0,958	17,88	B	19,07	B	48,858	38,864
ZB: Volume < 6,2 m3	4, 7, 8 e 9	24,75	B	0,883	19,07	A	19,87	A	46,602	39,458
EPM		2,83		0,06	0,30		0,30		0,84	0,25
P (ANOVA)		0,034		0,439	0,032		0,032		0,108	0,145
N=20 observação/zona gestão										

Teste de comparação múltipla de médias de Tukey para $\alpha=0.05$, letras diferentes em coluna indicam valores estaticamente diferentes, EPM – Erro padrão da média, P – probabilidade. GMS - Gordura em matéria seca

Quadro 39 – Quantidade de azeite produzido (Kg) por zona de gestão

ZONA DE GESTÃO	PRODUÇÃO TOTAL (Kg)	RENDIMENTO MÉDIO AZEITE (%)	QUANTIDADE DE AZEITE (Kg)
ZA: volume > 6,2 m3	142,6	17,88	25,50
ZB: Volume < 6,2 m3	99	19,07	18,88

Visto que o tratamento da parcela é uniforme em termos de rega, fertilização e tratamentos fitossanitários e a produtividade é significativamente diferente ao longo da parcela, é importante analisar as contas da cultura para compreender se é rentável gastar o mesmo dinheiro em zonas que apresentam produtividades diferentes.

O quadro 40 mostra o total de custos da parcela (€/ha). Os custos fixos dizem respeito à plantação e sistema de rega e é o valor que é amortizado todos os anos. Os custos variáveis dizem respeito a todas as operações com máquinas e equipamentos (tratamentos, técnicas culturais e colheita) e aos fatores de produção (fertilização). O quadro 41 diz respeito às receitas da parcela, onde os valores da produção (Kg/ha) são os valores oficiais dados pelo lagar onde a azeitona foi entregue. O quadro 42 mostra os valores do lucro final (€/ha) tanto em bruto em que não são contabilizados os custos fixos (CF), como do lucro contabilizando os custos fixos. Todos estes valores são detalhadamente discriminados no anexo 8.

Estes resultados mostram que:

- Os custos fixos foram 45,3% dos custos totais;
- As máquinas e equipamentos foram 38,4% dos custos totais, sendo que a poda contribuiu com 5,5% desses custos, os tratamentos fitossanitários e munda química 21,5%, a colheita 4,5% e as restantes técnicas culturais (destroçamentos de ervas e verificação da rega) 6,9% dos custos;
- Os fatores de produção foram 16,3% dos custos totais, bastante acima dos 5-10% normais para esta cultura, segundo Escobar (2008).

Quadro 40 – Total de custos da parcela

TOTAL CUSTOS (€/Ha)			
CUSTOS FIXOS (€/Ha)	PLANTAÇÃO	530	795
	SISTEMA DE REGA	265	
CUSTOS VARIÁVEIS (€/Ha)	MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS	675,32	960,95
	FACTORES DE PRODUÇÃO	285,63	
			1755,95 €/Ha

Quadro 41 – Receitas da parcela em estudo

RECEITA (€/Ha)	PRODUÇÃO (Kg/Ha)		PREÇO AZEITE (€/Kg)	TOTAL (€/Ha)
	AZEITONA	AZEITE		
	9 048	1 457	2,85 €	4 151,67 €

Quadro 42 – Lucro da parcela em estudo

LUCRO (€/Ha)	
MARGEM BRUTA (€/Ha) (Não inclui CF)	3 190,73 €
MARGEM CONTRIBUIÇÃO(€/Ha) (Inclui CF)	2 395,73 €

O quadro 43 mostra-nos o rendimento bruto de azeite no total das 20 árvores de cada zona de gestão (€) e também, o rendimento bruto por hectare de cada zona de gestão (€/Ha).

Pelo quadro analisamos que na zona ZA se obteve muito maior rendimento bruto em azeite do que na zona ZB, o que financeiramente resulta numa diferença de mais de 1000€/Ha, ou seja, demonstra que a zona ZA é muito mais rentável para o produtor que a zona ZB que representa uma ausência de ganho potencial de mais de 1000€/ha.

Estes resultados também mostram que as pequenas diferenças de NDVI existentes nas imagens de satélite retiradas em setembro podem indicar diferenças muito grandes de rendimento bruto dentro de uma parcela.

Estes resultados ajudam à tomada de decisão da necessidade em intervir na parcela para aumentar o lucro de uma das seguintes formas:

1) Reduzir os custos de produção das zonas menos rentáveis (ZB) e manter os custos das zonas mais rentáveis (ZA);

2) Aumentar a quantidade aplicada de recursos (água e nutrientes) apenas nas zonas menos produtivas (ZB) com o objetivo de melhorar a produtividade dessas zonas, mantendo a zona ZA com os mesmos custos.

A decisão do ponto 2 deverá depender da disponibilidade de recursos e da sua gestão mas é fundamental ter noção do que poderá ser o fator limitante da parcela, ou seja, o que não permite à árvore obter melhores produtividades, de modo a ser possível ter uma intervenção eficiente na parcela e também reduzir o risco de piorar ainda mais a rentabilidade.

Quadro 43 – Cálculo do rendimento bruto de azeite por hectare e zona de gestão

ZONA DE GESTÃO	PRODUÇÃO TOTAL (Kg)	QUANTIDADE AZEITE (Kg)	PREÇO AZEITE (€/Kg)	RENDIMENTO BRUTO AZEITE / ZONA (€)	PRODUÇÃO TOTAL/Ha (Kg/Ha)	QUANTIDADE AZEITE (Kg/ha)	RENDIMENTO BRUTO AZEITE / Ha / ZONA (€/Ha)
	20 árvores			20 árvores	1111 árvores		
ZA: volume > 6,2 m3	142,6	25,50	2,85	72,68	7921,43	1416,53	4037
ZB: Volume < 6,2 m3	99	18,88		53,81	5499,45	1048,78	2989

Esta parcela tem muito provavelmente 2 fatores limitantes à produção:

1) Solo: o facto de existirem duas manchas diferentes de solo nesta parcela revelou-se bastante limitante principalmente nos pontos de amostragem 7 e 8 (Z3 e ZB) que apresentaram sempre teores de nutrientes baixos e também volumes inferiores a 6,2 m³. Esta zona da parcela possui maiores declives, solos menos profundos e com forte presença de elementos grosseiros o que influencia bastante negativamente o desenvolvimento da árvore uma vez que têm menores capacidades de retenção de água e nutrientes, o que se vai traduzir em menores produções e com isso reduzir a rentabilidade da parcela. Por isso a aplicação de água e nutrientes não devia ser igual em toda a parcela pois o que se gasta nos pontos 7 e 8 não tem a mesma eficiência de utilização por parte da oliveira em comparação com outros pontos de amostragem situados em zonas mais preparadas e em melhores condições de solo, e assim, estão a gastar-se fatores de produção desnecessariamente;

2) Água: uma vez que as aplicações de água (1420 m³/ha) são bastante inferiores às recomendadas que oscilam geralmente entre 2000 a 3000 m³ por hectare segundo a DGADR (2010). Se a água não fosse escassa, para resolver o problema, poderia regar-se mais as zonas com menor vigor de forma a aumentar a produtividade nesses locais (mesmo com rendimentos mais pequenos), mas como já foi dito, é um bem escasso na exploração pelo que a solução poderá passar por manter este regime de rega alterando o modo como a água é aplicada ou em que quantidade é aplicada em cada rega, de forma a reduzir as perdas e aumentar a eficiência de utilização da água por parte da cultura.

5. Conclusões

O grande objetivo deste trabalho de “agricultura de precisão no olival” foi avaliar a utilização de imagens de satélite no estudo da otimização produtiva do olival e perceber as potencialidades dos índices de NDVI e NDWI para caracterizar a variabilidade espacial da parcela. Neste estudo foi possível concluir que:

-O estado nutritivo do solo junto à árvore mostrou em quase todos os pontos ter níveis de nutrientes muito superiores às zonas da entrelinha, devido à fertirrega. O azoto, potássio de troca e matéria orgânica revelaram as grandes diferenças significativas nos diferentes pontos de amostragem, sendo que os pontos na zona Z1 revelaram sempre maiores quantidades que as zonas Z2 e Z3. O azoto ao ter muita influência na síntese de clorofila das folhas ajuda a concluir que as zonas com maiores índices de NDVI (Z1) correspondem a valores mais altos de azoto. A maior quantidade deste nutriente também se traduz em árvores com maior vigor, ou seja, as diferenças de quantidade de azoto nas diferentes zonas da parcela podem explicar estas diferenças espaciais na parcela;

-A nível das folhas o azoto, potássio, cálcio e manganês tiveram comportamentos significativamente diferentes na parcela, em que os pontos da zona Z1 revelaram sempre maiores quantidades que as zonas Z2 e Z3. As concentrações de potássio e manganês ao serem muito sensíveis aos índices de NDVI concluíram que as zonas com menores teores destes nutrientes foram as zonas com árvores com menores crescimentos vegetativos e menor índice de NDVI (Z3), o que pode explicar alguma variabilidade existente na parcela;

-A nível biométrico, a árvore apresentou diferenças significativas na altura, largura e volume nos diferentes pontos de amostragem. Sendo o volume a variável que mais interessa analisar numa oliveira este mostrou que nas zonas Z1, as árvores possuem maior volume do que as árvores das zonas Z2 e Z3. Este fator também revelou que as zonas com maior volume corresponderam a zonas com maiores índices de NDVI (Z1) e com melhores concentrações de nutrientes no solo e folhas, podendo assim explicar a variabilidade existente na parcela.

Em suma, com estas 3 análises realizadas na árvore, podemos concluir que a utilização de imagens de satélite através de índices de NDVI e NDWI podem ajudar a caracterizar a variabilidade espacial da parcela. Como as zonas da parcela com maior índice de NDVI (Z1) refletem árvores com maior desenvolvimento e com maior quantidade de nutrientes e as zonas da parcela com menores índices de NDVI (Z3) apresentam árvores menos desenvolvidas e com menor disponibilidade de nutrientes, as imagens de NDVI podem representar a primeira abordagem do produtor agrícola para identificar antecipadamente quais as zonas da parcela com deficiente desenvolvimento vegetativo e decidir se é necessário adotar estratégias, por exemplo, de aplicação de forma diferenciada dos recursos para de certa forma melhorar o estado geral do olival, contudo a tomada de decisão depende sempre se existirem diferenças claras na produção final.

- Ao nível do vingamento, as diferentes zonas de índices de NDVI (Z1, Z2 e Z3) não apresentaram resultados com diferenças estatisticamente significativas e não mostraram grandes diferenças entre os pontos, por isso, concluiu-se que este modelo a 3 zonas de gestão de NDVI não permitiu explicar a variabilidade existente na parcela. A decisão de se analisar o vingamento num modelo de 2 zonas de gestão segundo o volume médio das árvores (ZA e ZB) permitiu obter

importantes indicadores que demonstraram a variabilidade espacial da parcela, sendo esta uma das grandes conclusões deste estudo. Este mostrou que os pontos de amostragem com árvores de maiores volumes (ZA) apresentaram maior número de frutos vingados, percentagem de inflorescências com pelo menos 1 fruto vingado e maior número médio de frutos por inflorescência, quando comparados com os pontos com árvores com menores volumes (ZB).

Concluindo, os índices de NDVI e NDWI, que explicam a variabilidade de volume existente na parcela mostraram extrema capacidade para analisar o vingamento da parcela e assim, permitir otimizar a produção do olival. As diferenças existentes na parcela permitem ao produtor estimar as zonas que lhe podem garantir melhor rendimento e aquelas que não serão tão produtivas, sem valores de produção real.

-Em relação à produção de azeitona e rendimento em azeite as principais conclusões a retirar é que o modelo a 2 zonas de gestão (ZA e ZB) permitiu demonstrar a magnitude da variabilidade espacial da produtividade existente na parcela ao concluir que as zonas com árvores de maior volume (ZA) apresentaram claramente melhores produções totais de azeitona, peso por azeitona e humidade do azeite que possibilitaram um maior lucro nessa zona, enquanto as zonas com árvores de menor volume (ZB) obtiverem melhores rendimentos em azeite derivados de uma menor carga de frutos existente, mas foram zonas com menos lucro final para o produtor. O rendimento bruto de azeite por hectare mostrou que as diferenças entre as duas zonas de gestão podem atingir mais de 1000€/Ha, o que demonstra novamente que a zona ZA é a zona que melhor potencia a produtividade da parcela e a zona ZB diminui bastante o seu potencial financeiro.

Com os resultados finais de produção, lucro e rendimento bruto, por hectare, para o produtor, numa visão de agricultura de precisão, é importante repensar a gestão da parcela e intervir nesta de forma diferenciada de modo a maximizar o lucro. A gestão diferenciada da parcela deverá passar principalmente pela gestão da rega e nutrição, de forma a aumentar a rentabilidade, através da diminuição das diferenças de rendimento nas diferentes zonas da parcela.

Como não é possível aumentar as produções das zonas com menor vigor/volume por falta de água, a hipótese deverá passar por manter o atual regime hídrico e reduzir a fertilização nas zonas com menor vigor vegetativo, pois com esta gestão de água a necessidade de nutrientes nesta zona é menor do que nas zonas mais vigorosas, uma vez que existe proporcionalidade entre o crescimento vegetativo e a exigência nutritiva. Então poderá ser interessante apostar em reduzir os custos de produção nessas zonas, por exemplo, reduzindo os fatores de produção para 8% (metade do que se aplica nas zonas com árvores mais vigorosas) que é um valor normal para esta cultura, segundo Escobar (2008), para que a margem de contribuição líquida possa ser semelhante mesmo com menores produções e com isso aumentar o lucro do produtor.

A par do redimensionamento da fertilização também o regime hídrico poderia ser diferente com a aplicação da mesma quantidade de água nas zonas menos vigorosas mas de forma mais lenta, com menores dotações e maior número de regas de forma a reduzir as perdas por escoamento e permitir à árvore ter um maior e melhor uso da água.

6. Referências bibliográficas

- Amaro, P., 2003. A proteção integrada. ISA/press. Dezembro 2003. 446 pp.
- Fernandes-Silva, A., 2016. Uso sustentável da água de rega no olival. CITAB-UTAD. 34 pp.
- Barranco, D., Fernández-Escobar, R., Rallo, L., 2008. El Cultivo del Olivo. Ediciones MundiPrensa, Madrid, 6ª edição, 701p.
- Böhm, J., Barroso, J.M., Carvalho, T., Jordão, P., Carvalho, T., et. al., 2013. O grande livro da Oliveira e do Azeite. Dinalivro editoria, Lisboa. 1ª edição. 288 pp.
- Botelho, R., Cordeiro, A.M., Martins, P.C.S., Mendes Rosa, M., Mouro, F., Ramos, A. (2004). Incompatibilidade pólen/pistilo em variedades de oliveira (*Olea europaea* L.). Melhoramento, 39: 114-121.
- Braga, R e Aguiar Pinto, P. 2011. Agricultura de precisão: adoção e principais obstáculos. Agrotec n1: 84-89.
- Braga, R., 2009. Viticultura de precisão: um caso particular de agricultura de precisão. In Viticultura de Precisão. (R. Braga). Inovação e Tecnologia na Formação Agrícola, AJAP, Lisboa, 22pp.
- Bréda, N.J.J., 2003. Ground-based measurements of leaf area index: a review of methods, instruments and current controversies. Journal of Experimental Botany, 54,392: 403-2417.
- Brousse, G., Loussert, R. 1980. El olivo. Ediciones Mundi – Prensa, Madrid. 533p.
- Campagnolo, M. 2019. Geomática e SIGDR. ISA, Universidade de Lisboa. 320 pp
- Capelli, N.L., 1999. Agricultura de precisão - Novas tecnologias para o processo produtivo. LIE/DMAQAG/FEAGRI/UNICAMP. Citado por Tschiedel (2002).
- Cobo, M., Guillén, J., 1996. La Poda del Olivo – Moderna Olivicultura. Editorial Agrícola Española, S.A., Madrid. 2ª edición (corregida y aumentada). 220 pp
- Cobo, M., Guillén, J., Macias, V. e Rodríguez, J. 1998. Diseño y manejo de plantaciones de olivar; Precocidad de entrada en producción: 24-25; Época de maduración de las variedades: 29
- Coelho; J.C. e Silva R.M.(Ed.s). 2009. “Agricultura de Precisão. Inovação e Tecnologia na Formação Agrícola”. AJAP. 125pp
- Coelho; J.C., Mira da Silva, L.; Tristany, M., Castro Neto, M. e Aguiar Pinto, P., 2004. Agricultura de Precisão. Lisboa. 106 pp.
- Cordeiro, A., Martins, J.C., 2014. Boas Práticas no Olival e no lagar. Ed. INIAV. 43-44 pp.
- Cordeiro, A.M.; Calado, M.L.; Morais, N.; Miranda, A. & Carvalho, M.T., 2018. Cultivares de Oliveira: Cobrançosa, azeiteira e Arbequina.
- Dias, A. 2018. A Mecanização da Poda do Olival. ISA, Lisboa. 67 pp.
- Dias, S. D., 2009. Segmentação da vindima com base na observação de imagens multiespectrais aéreas. Dissertação de Mestrado, Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa
- Fabbri, A. and Benelli C. 2000. Flower bud induction and differentiation in olive. J. Hort. Sci. Biotechnol. 75: 131-141.
- Ferreira, Mª I., 2018. Rega Deficitária e funções de stress (Ks). ISA, Lisboa. 18 pp
- Gao, B.C., 1996. NDWI – A Normalized Difference Water Index for remote sensing of vegetation liquid water from space. Remote Sensing of Environment, v.58, p.257-266.

- Grave, A., 2013. Avaliação da variabilidade espacial da produtividade e qualidade da azeitona e azeite num olival semi-intensivo. Tese de Mestrado, ISA-UTL, Lisboa. 120 pp.
- INIAV, I.P. 2014. Boas Práticas no Olival e no lagar. Ed. INIAV. 290 pp (Vários autores)
- Köppen, W. und R. Geiger, 1954: Klima der Erde (Climate of the earth). Wall Map 1:16 Mill. Klett-Perthes, Gotha. Map
- Lavee S, Wodner M. 1991. Factors affecting the nature of oil accumulation in fruit of olive (*Olea europea* L.) cultivars. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 66:583-591
- Oliveira de Sousa, M. A., Silva R.M., J. 2017. Conceitos teóricos de Detecção Remota. Universidade de Évora – Departamento de Engenharia Rural. 57pp
- Malavolta, C., Delrio, G. & Boller, E.F. (Eds) 2002. Guidelines for Integrated Production of Olives. Tech. Guidel. III. 1º Edition, 2002. Bull. OILB/SROP, 25 (4), 75 p.
- Manzatto, C.V.; Bhering, S.B., Simões, M., 1999. Agricultura de precisão: propostas e ações da Embrapa solos. EMBRAPA Solos
- Marcelo, M. E. 2018. Nutrição e fertilização do olival. INIAV. 121 pp.
- Martins, A., 2015. Agricultura de Precisão em Pastagens - Avaliação quantitativa e qualitativa da variabilidade espacial de uma pastagem melhorada de sequeiro no Alentejo. Dissertação de Mestrado, Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa. 100 pp.
- Melo-Abreu, J.P., Cordeiro, A.M., Rogado, B.M., Cabrinha, V. & Ramos, A.M., (2009). Estudo preliminar dos Efeitos do Aquecimento Global sobre a Floração da Oliveira em Portugal. V Simpósio de Olivicultura. 8 pp.
- Paes, V. B., 2012. Análise da variabilidade espaço-temporal da produtividade de milho numa parcela na região da Golegã. Dissertação de Mestrado, Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa. 96 pp.
- Pastor, M., Castro, J., Humanes, M. D., 1996. Criterios para la elección de sistemas de cultivo en el olivar. Junta de Andalucía, Consejería de Agricultura y Pesca. 58 pp.
- Pastor, M., Vega, V., Humanes, J., 1991. Poda mecânica del olivar en Andalucía. Máquinas y Tractores Agrícolas. (1): 31-40.
- Ramos, A. 2014. Boas Práticas no Olival e no lagar. Ed. INIAV. 38-43 pp.
- Rapoport HL, Rallo L. 2001. Post-anthesis flower and fruit abscission in 'Manzanillo' olive. *J Am Soc Hortic Sci* 116: 720-723
- Reis, P. (2014). O olival em Portugal. Dinâmicas, tecnologias e relação com o desenvolvimento rural. Animar - Associação Portuguesa para o Desenvolvimento Local. 35 pp.
- Rius, X., Lacarte, J.M., 2015. La revolución del olivar – El cultivo en seto. José Íñiguez Montilla (Barcelona). 2ª edición. 518 pp.
- Rouse, J.W. et al. 1974. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS, In: S.C. Freden, E.P. Mercanti, and M. Becker (eds) *Third Earth Resources Technology Satellite–1 Symposium. Volume I: Technical Presentations*, NASA SP-351, NASA, Washington, D.C., pp. 309-317.
- Segundo, M., 2017. Avaliação da fenologia de diferentes cultivares de oliveira em Elvas e a sua relação com diferentes aspetos agronómicos - (qualidade da flor; Vingamento; suscetibilidade

- a pragas e doenças; rendimento). Dissertação de Mestrado, Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa. 102 pp.
- Sousa, A., Silva, J.R., 2017. Conceitos teóricos de Detecção Remota. Departamento de Engenharia Rural, Universidade de Évora. 57 pp
- Soveral, M., 2014. Fatores que afetam o Vingamento em oliveira (*Olea europaea* L.) cv. Tosca: efeito da polinização cruzada e da aplicação de um extrato de algas. Dissertação de Mestrado, Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa. 123 pp
- Todoilivo, S.L. Sistema Todoilivo (s/data) – Olivar en seto. Córdoba (Espana). 143 pp.
- Tognetti R, Andria R, Morreli G, Alvino A. 2005. The effect of deficit irrigation on seasons variatons of plant water use in *Õlea europea* L. Plant Soil 273: 139-155.
- Torres, L., 2007. Manual de proteção integrada do olival. João Azevedo Editor. 433pp
- Tristany, M., 2010. Um sistema de informação para a análise multidimensional da atividade agrícola. Aplicação em diversos casos do panorama agrícola nacional. Dissertação de doutoramento, ISA-UTL, Lisboa.

Sites Utilizados:

Acedidos a 20/03/2019:

Casa do Azeite: <http://www.casadoazeite.pt/Profissionais/Dados-sector/Consumo>

Global. AgriMar GPP: <http://213.30.17.29/GlobalAgriMar>

EU/Portugal: https://ec.europa.eu/eurostat/statisticsexplained/index.php/Agricultural_production_-_orchards#Olive_trees

-LANDSAT: acedidos a 26/03/2019

<https://www.geoimage.com.au/satellite/landsat-8>

<http://www.engesat.com.br/imagem-de-satelite/landsat-8/>

<https://eos.com/landsat-8/>

<https://landsat.gsfc.nasa.gov/landsat-data-continuity-mission/www.usgs.gov>

-COPERNICUS: acedidos a 28/03/2019

https://www.copernicus.eu/sites/default/files/documents/Copernicus_brochure_ES_web_Oct2017.pdf

<http://www.esa.int>

-SENTINEL: acedidos a 29/03/2019

<https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-1>

<https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-2>

<https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-3>

-Sondas de humidade do solo: acedido a 05/04/2019

<http://www.hidrosoph.com/PT/> ; <http://irricampo.pt/> ; <http://www.aquagri.com/> ; cotr.pt ; Terra-Pro.net

ANEXOS

Anexo 1 – Análises de solo, folhas e fertilização

Teores médios de micronutrientes do solo na linha

MICRONUTRIENTES NDVI	BORO	COBRE	FERRO Mg/Kg	MANGANÊS	ZINCO	BASES DE TROCA meq/100 g
Z1	0,6	12,8	19,7	9,6	0,8	13,9
Z2	0,6	11,6	28,1	16,1	0,6	14,2
Z3	0,5	8,6	27,5	14,9	0,4	14,7
EPM	0,08	2,83	5,78	5,08	0,21	5,84
P (ANOVA)	0,695	0,382	0,335	0,449	0,276	0,990
N= 3 observações por NDVI						
Intervalo (Zero-Baixo-Alto)	0-0.6-1	0-0.4-1	0-4-10	0-1-5	0-1-2	-

Listagem de produtos aplicados e quantidades aplicadas por fertirrigação

FERTIRRIGAÇÃO											
DATA	FERTILIZANTE				QUANTIDADE APLICADA				UNIDADES APLICADAS		
	NOME COMERCIAL	N	P	K	L/ÁRV.	L/HA	DENSIDADE	Kg/HA	N	P	K
29/05/19	6-15-10	6	15	10	0,023	25,2	1,320	33,3	2,0	5,0	3,3
04/06/19	SOL 32N	32	0	0	0,023	25,2	1,325	33,4	10,7	0,0	0,0
06/06/19	6-15-10	6	15	10	0,023	25,2	1,320	33,3	2,0	5,0	3,3
12/06/19	6-15-10	6	15	10	0,023	25,2	1,325	33,4	2,0	5,0	3,3
17/06/19	6-15-10	6	15	10	0,023	25,2	1,320	33,3	2,0	5,0	3,3
19/06/19	5-3-12	5	3	12	0,023	25,2	1,180	29,7	1,5	0,9	3,6
21/06/19	SOL 32N	6	15	10	0,023	25,2	1,320	33,3	2,0	5,0	3,3
25/06/19	5-3-12	32	0	0	0,023	25,2	1,180	29,7	9,5	0,0	0,0
27/06/19	SOL 32N	6	15	10	0,023	25,2	1,320	33,3	2,0	5,0	3,3
02/07/19	5-3-12	5	3	12	0,023	25,2	1,180	29,7	1,5	0,9	3,6
03/07/19	SOL 32N	32	0	0	0,023	25,2	1,325	33,4	10,7	0,0	0,0
18/07/19	SOL 32N	32	0	0	0,023	25,2	1,325	33,4	10,7	0,0	0,0
22/07/19	5-3-12	5	3	12	0,023	25,2	1,180	29,7	1,5	0,9	3,6
24/07/19	SOL 32N	32	0	0	0,023	25,2	1,325	33,4	10,7	0,0	0,0
01/08/19	5-3-12	5	3	12	0,023	25,2	1,180	29,7	1,5	0,9	3,6
13/08/19	5-3-12	5	3	12	0,023	25,2	1,180	29,7	1,5	0,9	3,6
14/08/19	4-0-13	4	0	13	0,022	24,1	1,190	28,7	1,1	0,0	3,7
20/08/19	4-0-13	4	0	13	0,022	24,1	1,190	28,7	1,1	0,0	3,7
22/08/19	4-0-13	4	0	13	0,022	24,1	1,190	28,7	1,1	0,0	3,7
26/08/19	4-0-13	4	0	13	0,022	24,1	1,190	28,7	1,1	0,0	3,7
28/08/19	4-0-14	4	0	13	0,022	24,1	1,190	28,7	1,1	0,0	3,7
02/09/19	4-0-14	4	0	13	0,022	24,1	1,190	28,7	1,1	0,0	3,7
									78,5	34,4	60,2

Listagem de produtos aplicados e quantidades aplicadas por adubação sólida e foliar

FERTILIZAÇÃO SÓLIDA + FOLIAR																									
DATA	FERTILIZANTE											QUANTIDADE APLICADA			UNIDADES APLICADAS										
	NOME COMERCIAL	N	P	K	CaO	SO3	MgO	Bo	Mn	Zn	Si	L/Ha	DENSIDADE	Kg/Ha	N	P	K	CaO	SO3	MgO	Bo	Mn	Zn	Si	
04/03/19	Ureia	46	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	5,00	2,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
04/03/19	Amicote C-Vida 46	8	14	27	3	16	3	0	0	0	0	-	-	136,00	10,9	19	36,7	4,08	21,8	4,08	0	0	0	0	0
20/03/19	Super Fifty	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	1,25	1,23	1,54	0	0	0,12	0	0	0	0	0	0	0	
20/03/19	Olivo Power	0	0	0	0	13	16	8,2	0	0	0	-	-	2,20	0	0	0	0	0,29	0,35	0,18	0	0	0	0
11/06/19	Super Fifty	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	1,25	1,23	1,54	0	0	0,12	0	0	0	0	0	0	0	
11/06/19	Fortik Solid	3	0	40	0	32	2	0,5	0,05	0,05	0	-	-	2,00	0,06	0	0,8	0	0,64	0,04	0,01	0	0	0	0
11/06/19	Orasilk	0	0	15	0	0	0	0	0	0	30	0,4	1,46	0,58	0	0	0,09	0	0	0	0	0	0	0,18	
11/06/19	Todolivo 0-20-30	0	20	30	0	0	0	0	0	0	0	1,5	1,45	2,18	0	0,44	0,65	0	0	0	0	0	0	0	0
11/06/19	Solusop 52	0	0	52	0	45	0	0	0	0	0	-	-	5,00	0	0	2,6	0	2,25	0	0	0	0	0	0
11/06/19	Ureia	46	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	2,50	1,15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13/09/19	Fortik Solid	3	0	40	0	32	2	0,5	0,05	0,05	0	-	-	2,00	0,06	0	0,8	0	0,64	0,04	0,01	0	0	0	0
13/09/19	Orasilk	0	0	15	0	0	0	0	0	0	30	0,4	1,46	0,58	0	0	0,09	0	0	0	0	0	0	0,18	
13/09/19	Sulfato de Potássio	0	0	52	0	45	0	0	0	0	0	-	-	2,00	0	0	1,04	0	0,9	0	0	0	0	0	0
															14,5	19,5	43	4,08	26,5	4,51	0,2	0	0	0,35	

Anexo 2 – Clima

Precipitação por dia e por mês no período em estudo (1 janeiro-31 julho) na Herdade Torre das Figueiras

CHUVA EM mm							
DIA/MÊS	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL
1	0	12.2	0	1	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0
3	0.2	0	0	0.2	0	0	0
4	0	0	1.8	2.2	0	0	0
5	0	0	0.6	17.8	0	0	0
6	0	0	16.8	4.2	0	3.6	0
7	0	0	8.2	4	0	0	0
8	0	0.2	0.2	8.8	10.2	0	0
9	0	0	0	4.2	2	0	0
10	0	1.4	0	0	0.8	0	0
11	0	0.2	0.2	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0.4	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0
17	0.2	0	0	7	0	0	0
18	3	5.4	0	1.6	0	0.2	0
19	16	0	0	2.6	0	0.2	0
20	0.4	0.2	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	1.4	0	0	0
23	0.4	0	0	12.6	0	0	0
24	0	0	0	24.4	0	0.4	0
25	0	0	0	1.8	0	0	0
26	0	0	0	0	0	0	0
27	0	0	0	0	0	0	1.8
28	0	0	0	0	0	0	0
29	3.4		0	0	0	0	0
30	5.8		0	0	0	0	0
31	22.4		2.2		0		0
TOTAL CHUVA mm MENSAL	51.8	19.6	30.0	94.2	13.0	4.4	1.8
TOTAL CHUVA mm ACUM.	214.8						

Nº de horas por dia e mês com Temperatura < 9.1°C, desde o dia 1 Janeiro até 31 Julho

Nº HORAS COM TEMPERATURA <9,1°C							
DIA/MÊS	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL
1	14	9	9	0	0	0	0
2	17	5	5	7	0	0	
3	17	8	8	11	0	0	
4	16	0	0	12	0	0	
5	16	2	2	20	0	0	
6	16	5	5	15	0	1	
7	15	10	10	8	0	0	
8	15	9	7	1	0	2	
9	13	7	9	8	0	4	
10	16	7	7	9	0	0	
11	20	4	4	10	0	0	
12	17	5	5	8	0	0	
13	15	7	5	0	0	4	
14	15	7	7	0	0	0	
15	17	5	7	0	0	0	
16	17	1	0	7	0	0	
17	16	10	9	0	1	0	
18	19	6	8	0	3	0	
19	13	5	5	0	2	0	
20	9	4	4	0	5	0	
21	15	7	7	0	0	0	
22	15	5	5	0	0	0	
23	9	0	0	17	0	0	
24	0	0	0	5	0	0	
25	7	0	0	0	0	0	
26	10	0	0	8	0	0	
27	15	0	0	5	0	0	
28	11	6	6	0	0	0	
29	11		6	0	0	0	
30	10		3	0	0	0	
31	0		0		0		
TOTAL HORAS MENSAL	416.0	134.0	143.0	151.0	11.0	11.0	0.0
Nº HORAS TOTAL ACUM.	866.0						

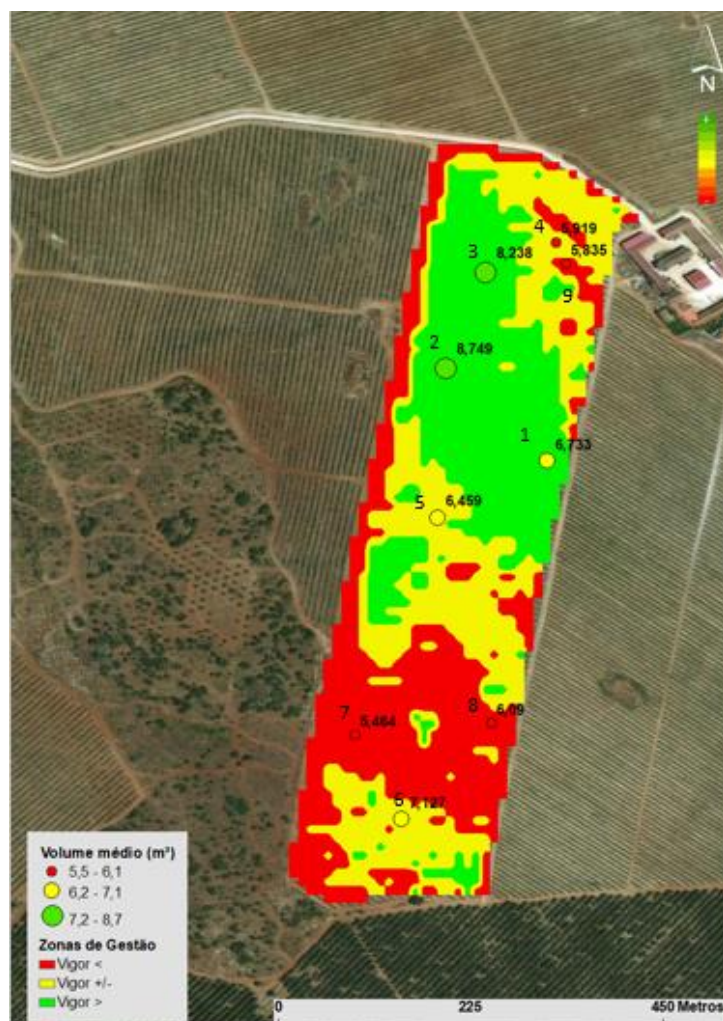
Temperatura média do ar (em °C) por dia e por mês desde o dia 1 janeiro até ao dia 31 de julho, na Herdade Torre das Figueiras

Temperatura Média do Ar (°C)							
Dia/Mês	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho
1	10.2	8.3	11.1	12.8	17.5	27.6	21.1
2	6.7	6.9	13.9	13.4	20.1	26.9	21.1
3	6.3	6.6	11.7	11.2	21.8	23	22
4	7.9	7.1	12.9	9.8	20.5	17.6	20.8
5	7.8	9.2	12.8	7.8	19	15.6	21.4
6	7.1	11.1	11	8.9	14.6	15	21.4
7	8.2	9.4	9.1	10.7	15.5	15.8	20.9
8	8.4	8.3	11.4	12	14.9	17.7	20.5
9	9.3	8	12.9	11	15.5	16.7	23.3
10	8.4	11.4	12.4	11.4	17.9	18	27.4
11	5.9	9.7	14.8	12.3	19.2	18.7	31.2
12	6.9	10.7	12.5	13.5	23.7	18.9	27.5
13	7.5	11.5	11.4	14.8	25.8	16.6	22.9
14	7.6	11.1	12.9	17.3	25	15.1	24.4
15	7.3	11.4	14.8	14.9	22.3	13.3	23.9
16	7.4	12.2	16.4	14.1	15.7	24.2	21.7
17	8.9	10.5	11.3	11.8	13.5	20.8	21.3
18	5.3	10.6	11.6	12.9	13.8	18.4	24.1
19	9	10	12.9	12.2	15.4	20	25.9
20	10.1	10.7	12.1	15.7	15.8	18.8	24.8
21	7.8	11.5	12.2	15.7	18.7	20.2	23.9
22	7.3	12.5	13.1	14.9	20.2	21.7	27.7
23	10.3	14	15	8.5	18	21.9	25.6
24	12.6	14.1	15.2	11.4	19.7	20.1	26.3
25	12.2	13.8	16.8	11.6	21.9	23.6	23.1
26	11	13.5	16.9	13.1	24.7	22.6	20.7
27	8.7	12.4	15.4	15.8	21.9	21.8	19.7
28	9.2	11.6	14	20.1	22.6	24.7	22.7
29	9.3		14	20.2	24.9	24.8	20.8
30	9.5		14.5	18.3	26.6	22	22.4
31	11.9		14.3		26.7		23.2
Total Calor/Mês	266	298.1	411.3	398.1	613.4	602.1	723.7
Total Acumulado	3312.7						

ANEXO 3 – Imagens Satélites

Volume médio das árvores em cada um dos pontos relacionados com zonas de gestão de vigor.

Fonte: agromap.agroinsider360.com

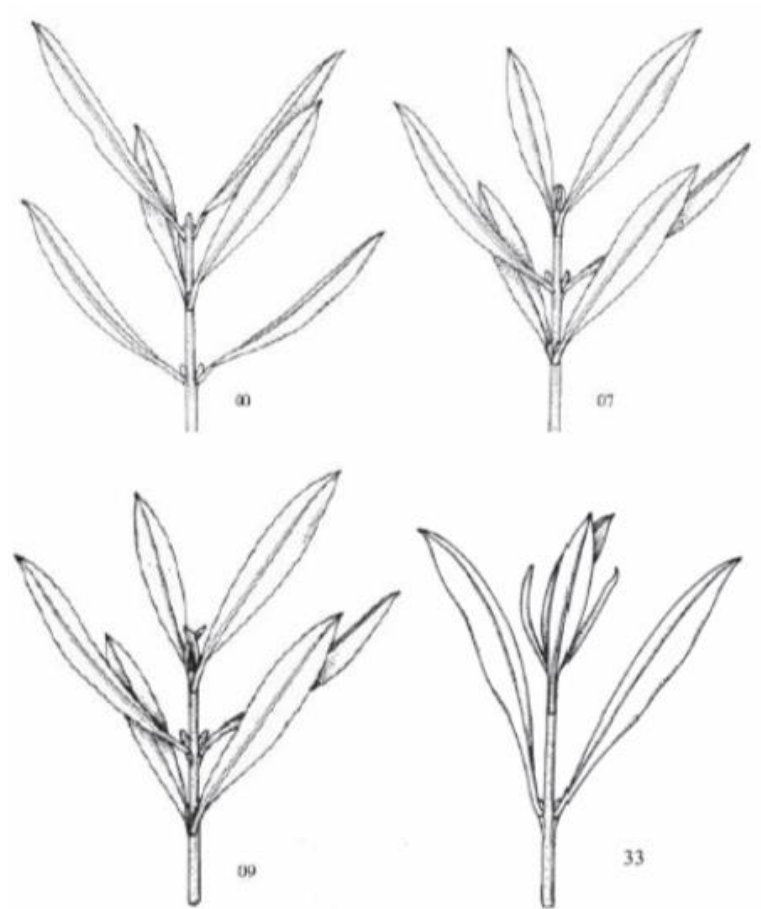


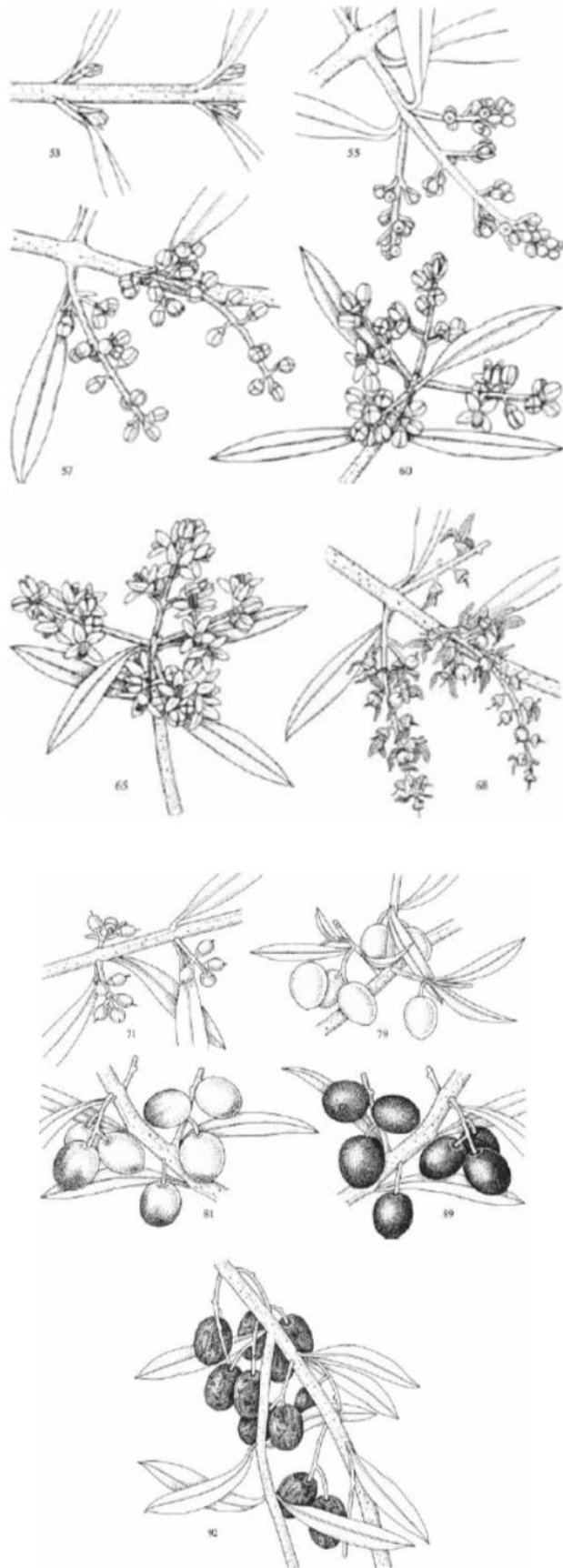
Anexo 4 – Escalas Fenológicas

Até ao dia 31 julho os resultados fenológicos dos diferentes pontos:

Data_Obs	Estados Fenológicos Dominantes																	
	1-VE		2-VE		3-VE		4-A		5-A		6-A		7-VM		8-VM		9-VM	
	NE	SW	NE	SW	NE	SW	NE	SW	NE	SW	NE	SW	NE	SW	NE	SW	NE	SW
27 Março	33	53	33	53	33	55	33	53	33	53	33	53	33	53	33	55	33	53
3 Abril	33	53	33	53	33	55	53	55	53	55	53	55	53	55	53	55	53	55
10 Abril	33	53	33	53	33	55	53	55	53	55	53	55	53	55	53	55	53	55
17 Abril	53	55	53	55	55	55	53	55	55	57	55	57	55	57	55	57	55	57
24 Abril	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55
1 Maio	55	57	55	57	55	57	55	57	55	57	55	57	55	57	55	57	55	57
15 Maio	57	60	57	60	57	60	57	60	57	60	57	60	57	60	57	60	57	60
22 Maio	60	65	60	65	60	65	60	65	60	65	60	65	60	65	60	65	60	65
29 Maio	65	68	65	68	65	68	65	68	65	68	65	68	65	68	65	68	65	68
5 Junho	68	71	68	71	68	71	68	71	68	71	68	71	68	68	68	68	68	68
12 Junho	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	68	71	68	71	68	71
19 Junho	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71
3 Julho	75	75	75	75	75	75	75	75	71	71	71	71	71	71	75	75	71	71
17 Julho	77	77	77	77	77	77	77	77	75	75	75	75	75	75	77	77	75	75
24 Julho	79	79	79	79	79	79	79	79	77	77	77	77	77	77	79	79	77	77
31 Julho	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79

ANEXO 5 – Ilustração de alguns estados fenológicos segundo a escala BBCH da oliveira (*Olea europaea* L.) (Sanz-Cortés et al., 2002)





ANEXO 6 – Análises do vingamento

Número médio de frutos/inflorescência das contagens iniciais e finais de cada ponto das 2 zonas de gestão (ZA e ZB)

ZONA	BLOCO	Vingamento		Nº médio de	
		Inicial	Frutos/inf	Final	Frutos/inf
ZA	1	336	1,68	315	1,575
	2	236	1,18	230	1,15
	5	203	1,015	198	0,99
	6	225	1,125	220	1,1
ZB	4	219	1,095	206	1,03
	7	220	1,1	210	1,05
	8	208	1,04	195	0,975
	9	181	0,905	176	0,88

Percentagem de inflorescências com pelo menos 1 fruto vingado nas contagens iniciais e finais de cada ponto das 2 zonas de gestão (ZA e ZB)

ZONA	BLOCO	%INFLO_inicial	Média	%INFLO_final	Média
ZA: Volume > 6,2 m3	1	100	70	80	65
	2	60		60	
	5	60		60	
	6	60		60	
ZB: Volume < 6,2 m3	4	60	45	40	35
	7	60		40	
	8	40		40	
	9	20		20	

ANEXO 7 – Produção

Resultados da soma da produção total, peso por azeitona (média de 100 azeitonas), o rendimento em azeite, o teor de gordura e gordura em matéria seca (GMS) do azeite, dos 3 pontos de amostragem de cada zona de NDVI (Z1, Z2 e Z3) e em 5 árvores de cada ponto (15 árvores por cada zona).

	PONTOS DE AMOSTRAGEM	PRODUÇÃO TOTAL (Kg)	TOTAL (Kg)	MÉDIA (Kg)	PESO 100 AZEITONAS (g)	TOTAL (g)	MÉDIA (Kg)	PESO AZEITONA (g)	TOTAL (g)	MÉDIA (g)	RENDIMENTO EM AZEITE (%)	TOTAL (Kg)	MÉDIA (Kg)
Z1	1-VERDE	35	103	34,2	97	306	102	0,97	3,06	1,02	17,74	54,79	18,26
	2-VERDE	34,4			99			0,99			18,20		
	3-VERDE	33,2			110			1,1			18,85		
Z2	4-AMARELO	24,6	97,8	32,6	91	278	92,7	0,91	2,78	0,93	19,11	54,67	18,22
	5-AMARELO	40,6			109			1,09			16,83		
	6-AMARELO	32,6			78			0,78			18,74		
Z3	7-AMARELO	19,8	74,4	24,8	77	262	87,3	0,77	2,62	0,87	18,85	57,16	19,05
	8-VERMELHO	35			105			1,05			18,87		
	9-VERMELHO	19,6			80			0,8			19,45		

PONTOS DE AMOSTRAGEM	RENDIMENTO EM AZEITE (%)	GORDURA (%)	HUMIDADE (%)	GMS (%)
Z1	54,79	60,79	147,24	119,40
Z2	54,67	60,67	143,65	116,41
Z3	57,16	63,16	140,48	118,80

Resultados da soma da produção total, peso por azeitona (média de 100 azeitonas), o rendimento em azeite, o teor de gordura e gordura em matéria seca (GMS) do azeite, dos 4 pontos de amostragem de cada zona de gestão ZA e ZB e em 5 árvores de cada ponto (20 árvores por cada zona).

ZONA	Pontos de amostragem	PRODUÇÃO TOTAL (Kg)	TOTAL ZONA (Kg)	MÉDIA ZONA (Kg)	PESO DE 100 AZEITONAS (g)	TOTAL ZONA (g)	MÉDIA ZONA (Kg)	PESO POR AZEITONA (g)	TOTAL ZONA (g)	MÉDIA ZONA (Kg)	RENDIMENTO EM AZEITE (%)	TOTAL ZONA (Kg)	MÉDIA ZONA (Kg)
ZA: volume > 6,2 m3	1	35	142,6	35,65	97	383	95,75	0,97	3,83	0,958	17,74	71,498	17,874
	2	34,4			99			0,99			18,20		
	5	40,6			109			1,09			16,83		
	6	32,6			78			0,78			18,74		
ZB: Volume < 6,2 m3	4	24,6	99	24,75	91	353	88,25	0,91	3,53	0,883	19,11	76,270	19,067
	7	19,8			77			0,77			18,85		
	8	35			105			1,05			18,87		
	9	19,6			80			0,8			19,45		

ANEXO 8 – Custos de fatores de produção

Custos dos fertilizantes sólidos

FERTILIZANTES SÓLIDOS			
NOME COMERCIAL	CONSUMO (Und/Ha)	PREÇO (€/Und)	TOTAL (€)
Ureia	7,50	0,33 €	2,48 €
Amicote C-Vida 46	136,00	0,42 €	57,12 €
			59,60 €

Custo dos fertilizantes foliares

FERTILIZANTES FOLIARES			
NOME COMERCIAL	CONSUMO (Und/Ha)	PREÇO (€/Und)	TOTAL (€)
Super Fifty	3,08	12,24 €	37,70 €
Olivo Power	2,20	4,46 €	9,81 €
Fortik Solid	4,00	2,88 €	11,52 €
Orsilik	1,16	7,43 €	8,62 €
Todolivo 0-20-30	2,18	3,16 €	6,89 €
Solusop 52	5,00	0,69 €	3,45 €
Sulfato de Potássio	2,00	0,49 €	0,98 €
			78,97 €

Custo dos fertilizantes líquidos

FERTILIZANTES LÍQUIDOS			
NOME COMERCIAL	CONSUMO (Und/Ha)	PREÇO (€/Und)	TOTAL (€)
6-15-10	133,3	0,20 €	26,66 €
SOL 32N	200,2	0,23 €	46,05 €
5-3-12	178,2	0,14 €	24,95 €
4-0-13	114,8	0,12 €	13,78 €
4-0-14	57,4	0,13 €	7,46 €
			118,89 €

Custo dos produtos fitofarmacêuticos

PRODUTOS FITO-FARMACÊUTICOS			
NOME COMERCIAL	CONSUMO (Und/Ha)	PREÇO (€/Und)	TOTAL (€)
JUDO	0,06	57,52	3,45 €
GLOPPER	3	5,07	15,21 €
DANADIM PROGRESS	1	9,51	9,51 €
			28,17 €

Custo das máquinas e equipamentos

OPERAÇÃO	EQUIPAMENTO		N.º HORAS	CUSTO (€/HORA)	TOTAL €	ÁREA (Ha)	CUSTO/Ha	OBSERVAÇÕES
	TRACTOR	ALFAIA/MÁQUINA						
PODAR SAIAS	KUBOTA M6070	PODA SAIAS JUMAR	34	30 €	1 020 €	15,56	65,55 €	
PODAR REBENTOS			128	7,00 €	896 €		30,85 €	
DESTROÇAR ERVA	JOHN DEERE 6610	CORTA-MATO TMC CANCELA 3,6m	12	40 €	480 €		38,56 €	2 PASSAGENS
MONDA QUÍMICA	KUBOTA M6070	TOMIX 1500 L + BARRA FRONTAL	20	30 €	600 €		69,41 €	2 APLICAÇÕES
TRATAMENTO FITO-FARMACÊUTICO	JOHN DEERE 6610	ATOMIZADOR M&L 4000 L	27	40 €	1 080 €		309,13 €	3 APLICAÇÕES
VERIFICAR REGA			46	7 €	322 €		83,55 €	
COLHEITA AZEITONA	GREGOIRE G9.330		26	185 €	4 810 €		57,58 €	
TRANSPORTE AZEITONA	JOHN DEERE 6610	REBOQUE 10 TON	52,0	25 €	1 300 €		20,69 €	2 REBOQUES
					10 508 €		675,32 €	